

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-182341

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

G11B 21/10

(21)Application number : 10-355697

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 15.12.1998

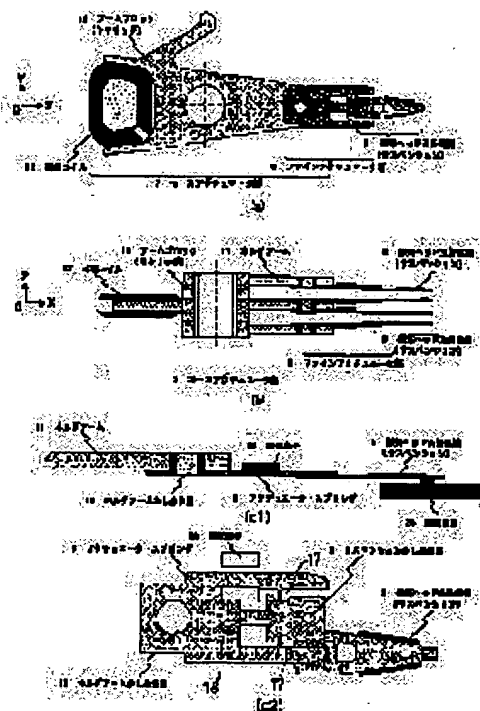
(72)Inventor : UTSUNOMIYA MOTOYASU

## (54) MAGNETIC HEAD SLIDER POSITIONING MECHANISM

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly speedy and highly precise magnetic head positioning mechanism.

SOLUTION: A magnetic head positioning mechanism is composed of a magnetic head supporting mechanism 5 and a two-stage actuator consisting of a fine actuator part 6 and a coarse actuator part 7. The fine actuator part 6 is composed of an actuator spring 8 and a piezoelectric element 16 and connected to a holder arm 11 composing the coarse actuator part 7 at a holder arm caulking position 10. A slider 2 is directed so as to face a recording medium 26 and connected to the fine actuator part 6 at a suspension caulking position 9. The actuator spring 8 of the fine actuator part 6 is provided with two long I shaped side springs 17 and one short I shaped central spring 18 between the suspension caulking position 9 and the holder arm caulking position 10.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.03.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3225510

[Date of registration] 31.08.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-182341

(P2000-182341A)

(43)公開日 平成12年6月30日(2000.6.30)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 21/10

識別記号

F I

G 1 1 B 21/10

テーマコード(参考)

N 5 D 0 9 6

審査請求 有 請求項の数23 OL (全 34 頁)

(21)出願番号 特願平10-355697

(22)出願日 平成10年12月15日(1998.12.15)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 宇都宮 基祐

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100089875

弁理士 野田 茂

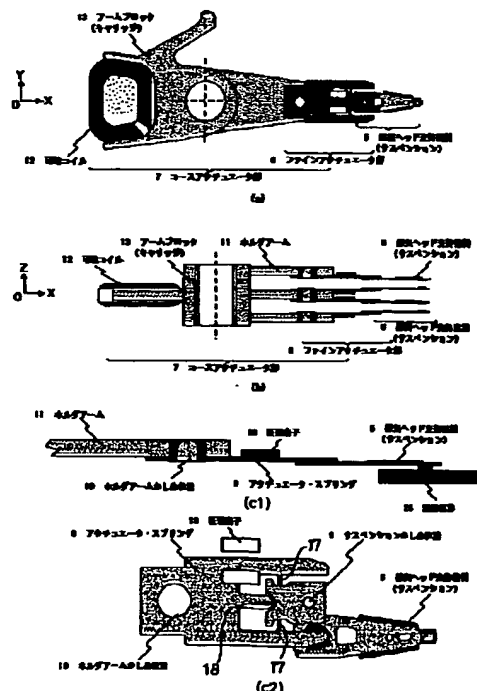
Fターム(参考) 5D096 NND3 NND7

(54)【発明の名称】 磁気ヘッドスライダ位置決め機構

(57)【要約】

【課題】 高速・高精度な磁気ヘッド位置決め機構を提供する。

【解決手段】 磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッド支持機構5と、ファインアクチュエータ部6およびコースアクチュエータ部7からなる2ステージアクチュエータとから構成される。ファインアクチュエータ部6は、アクチュエータ・スプリング8と圧電素子16から構成され、ホルダアームかしめ位置10においてコースアクチュエータ部7を構成するホルダアーム11に接続される。スライダ2を記録媒体26に対向する向きにして前記ファインアクチュエータ部6にサスペンションかしめ位置9において接続されている。ファインアクチュエータ部6のアクチュエータ・スプリング8は、サスペンションかしめ位置9とホルダアームかしめ位置10との間において、2本の長いI形のサイドスプリング17と1本の短いI形のセンタースプリング18とを有している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気ヘッド支持機構と2ステージアクチュエータを備え、

前記磁気ヘッド支持機構は、磁気ヘッドを搭載したスライダを支持するように構成され、

前記2ステージアクチュエータは、磁気ヘッド支持機構を前記磁気ヘッドのシーク方向に微小量変位させるファインアクチュエータ部と、前記ファインアクチュエータ部をボイス・コイル・モータにより前記磁気ヘッドのシーク方向に変位させるコースアクチュエータ部とから構成され、

前記ファインアクチュエータ部は、前記磁気ヘッド支持機構を支持する薄板状のアクチュエータ・スプリングと2つの圧電素子を有してなり、

前記磁気ヘッド支持機構の前記磁気ヘッドのシーク方向への微小量変位は、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって行われる、

ことを特徴とする磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項2】 前記アクチュエータ・スプリングは、前記磁気ヘッド支持機構を支持する第1支持部と、前記コースアクチュエータ部に支持される第2支持部と、前記第1支持部および前記第2支持部の間を接続するスプリング部とを備えることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項3】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上で前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟む箇所に配設され、一端は前記第1支持部の箇所に固定され、他端は前記第2支持部の箇所に固定され、前記第1支持部の箇所と前記第2支持部の箇所との間には、前記圧電素子が駆動するための駆動隙間が形成されていることを特徴とする請求項2記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項4】 前記スプリング部は、1本のI形の板バネからなるセンタースプリングと、2本のI形の板バネからなるサイドスプリングとを有してなり、前記センタースプリングは、前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸上で前記中心軸方向に延在し、前記2本のサイドスプリングは、前記中心軸を挟む箇所で前記中心軸と直交する方向に延在することを特徴とする請求項2記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項5】 前記圧電素子はその駆動方向が前記中心軸と平行方向となるように配設されていることを特徴とする請求項4記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項6】 前記スプリング部は、1本のI形の板バネからなるセンタースプリングと、2本のI形の板バネからなるサイドスプリングとを有してなり、前記センタースプリングは、前記中心軸上で前記中心軸方向に延在し、前記2本のサイドスプリングは、前記中心軸を挟む箇所

で、前記第2支持部側の間隔よりも前記第1支持部側の間隔が大となるように前記中心軸と交差する方向に延在することを特徴とする請求項2記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項7】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上において前記中心軸を挟む箇所で、前記第1支持部側の間隔よりも前記第2支持部側の間隔が大となるように前記圧電素子の駆動方向が前記中心軸と交差するように設けられていることを特徴とする請求項6記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項8】 前記中心軸に対して同じ側に位置する前記サイドスプリングと前記圧電素子は、前記サイドスプリングの延在方向と前記圧電素子の前記駆動方向とがほぼ直交して交差するように構成されていることを特徴とする請求項7記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項9】 前記センタースプリングを構成するI形の板バネはバネ幅に比べてバネ長がほぼ等しくなるように構成され、前記サイドスプリングを構成するI形の板バネはバネ幅に比べてバネ長が十分長くなるように構成されていることを特徴とする請求項4乃至8に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項10】 前記スプリング部は、2本のI形の板バネからなるセンタースプリングと、2本のI形の板バネからなるサイドスプリングとを有してなり、前記2本のサイドスプリングは、前記中心軸を挟む箇所で前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸と直交する方向に延在し、前記2本のセンタースプリングは、前記中心軸を挟み、前記2本のサイドスプリングよりも前記第2支持部に近く、かつ、前記2本のサイドスプリングよりも前記中心軸に近い箇所で前記中心軸と直交する方向に延在することを特徴とする請求項2記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項11】 前記圧電素子はその駆動方向が前記中心軸と平行方向となるように配設されていることを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項12】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上で前記アクチュエータ・スプリングの中心軸を挟む箇所に配設され、一端は前記第1支持部の箇所に固定され、他端は前記第2支持部の箇所に固定され、前記第1支持部の箇所と前記第2支持部の箇所との間には、前記圧電素子が駆動するための駆動隙間が形成されていることを特徴とする請求項4乃至11記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項13】 前記アクチュエータ・スプリングは、厚み方向に重ね合わされた状態で接合された薄板状の第1スプリング部と第2スプリング部からなり、前記第1、第2スプリング部の一方には前記サイドスプリングが設けられ、前記他方には前記センタースプリングが設けられていることを特徴とする請求項4乃至11に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項14】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上で前記アクチュエータ・スプリングの中心軸を挟む箇所に配設され、前記圧電素子の駆動方向の一端は前記第1支持部の箇所に固定され、前記圧電素子の駆動方向の他端は前記第2支持部の箇所に固定され、前記第1支持部の箇所と前記第2支持部の箇所との間には、前記圧電素子が駆動するための駆動隙間が形成されていることを特徴とする請求項13記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項15】 前記駆動隙間は、前記第1スプリング部に設けられた第1駆動隙間と、前記第2スプリング部に設けられた第2駆動隙間とからなり、前記第1、第2駆動隙間の一方が他方より広く設定されることで前記第1、第2支持部の箇所にそれぞれ段部を形成し、前記圧電素子の前記アクチュエータ・スプリングに対する固定は、前記圧電素子の駆動方向の一端と他端が前記段部にはめ込まれた状態で行われていることを特徴とする請求項14記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項16】 前記磁気ヘッド支持機構は、一端部が前記磁気ヘッドを保持し、他端部が前記アクチュエータ・スプリングと厚み方向に重ね合わされた状態で接合されるロードビーム部を備え、前記ロードビーム部は、前記第1支持部に接合される本体部と、前記第2支持部に接合される補強板部と、前記本体部と前記補強板部を接続する連絡部とを備え、前記連絡部は、前記本体部と前記第1支持部が接合され、かつ、前記補強板部と前記第2支持部の接合された後で切断されるように構成されていることを特徴とする請求項2、4乃至11、13に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項17】 前記連絡部は、前記本体部に一端が接続され、前記補強板部に他端部が接続されたI形の支持部材から構成されていることを特徴とする請求項16記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項18】 前記2つの圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリング上で前記アクチュエータ・スプリングの中心軸を挟む箇所に配設され、前記圧電素子の駆動方向の一端は前記第1支持部の箇所に固定され、前記圧電素子の駆動方向の他端は前記第2支持部の箇所に固定され、前記第1支持部の箇所と前記第2支持部の箇所との間には、前記圧電素子が駆動するための駆動隙間が形成されていることを特徴とする請求項16または17記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項19】 前記本体部と前記補強板部の間で前記アクチュエータ・スプリングの前記駆動隙間に対応する箇所に前記駆動隙間よりも狭いロードビーム側駆動隙間が形成されることで前記第1、第2支持部の箇所にそれぞれ段部を形成し、前記圧電素子の前記アクチュエータ・スプリングに対する固定は、前記圧電素子の駆動方向の一端と他端が前記段部にはめ込まれた状態で行われていることを特徴とする請求項18記載の磁気ヘッド位置

決め機構。

【請求項20】 前記磁気ヘッド支持機構は、一端部が前記磁気ヘッドを保持し、他端部が前記アクチュエータ・スプリングと厚み方向に重ね合わされた状態で接合されるロードビーム部を備え、前記アクチュエータ・スプリングは、厚み方向に重ね合わされた状態で接合された薄板状の第1スプリング部と第2スプリング部からなり、前記第1スプリング部には前記サイドスプリングが設けられ、前記第2スプリング部には前記センタスプリングが設けられことを特徴とする請求項2、4乃至11に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項21】 前記ロードビーム部は、前記第1スプリング部側の前記第1支持部に接合される本体部と、前記第2スプリング側の前記第2支持部の箇所と前記アクチュエータ・スプリングの厚み方向に所定間隔を挟んで対面する2つの固定部とを備え、前記2つの固定部は、前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟む箇所に配設され、前記圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリングの厚み方向と直交する方向にすべり駆動されるように構成され、前記圧電素子の互いにすべり駆動する2つの端面は、前記固定部に対面する前記第2支持部の箇所と前記固定部との間に挟まれた状態で前記第2支持部の箇所と前記固定部の箇所とにそれぞれ固定されていることを特徴とする請求項20記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項22】 前記ロードビーム部は、前記第1スプリング部側の前記第1支持部に接合される本体部を備え、前記本体部の前記第1スプリング部側と反対側の箇所に固定されると共に、前記第2スプリング側の前記第2支持部の箇所と前記アクチュエータ・スプリングの厚み方向に所定間隔を挟んで対面する2つの固定部を具備する固定部材を設け、前記2つの固定部は前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟む箇所に配設され、前記圧電素子は、前記アクチュエータ・スプリングの厚み方向と直交する方向にすべり駆動されるように構成され、前記圧電素子の互いにすべり駆動する2つの端面は、前記固定部に対面する前記第2支持部の箇所と前記固定部の箇所との間に挟まれた状態で前記第2支持部の箇所と前記固定部の箇所とにそれぞれ固定されていることを特徴とする請求項20記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【請求項23】 前記コースアクチュエータ部は、前記ファインアクチュエータ部を複数個支持し、前記コースアクチュエータ部による前記ファインアクチュエータ部の前記シーク方向への変位は、複数個の前記ファインアクチュエータ部を一括して行うように構成されていることを特徴とする請求項1乃至22に何れか1項記載の磁気ヘッド位置決め機構。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ディスク装置あるいは光ディスク装置等のディスク装置における磁気ヘッド位置決め機構に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置の記録密度は、高BPI (Bit Per Inch) 化と高TPI (Track Per Inch) 化により年率60%以上のペースで増加している。高BPI化のためには、ヘッド浮上量の低減やMR (Magnetoresistive) ヘッドのようなセンシティブティの高い磁気ヘッドの採用、あるいは高効率な信号処理技術などが求められるが、高TPI化実現のためには加えて磁気ヘッドの位置決め精度の改善が重要な技術課題となる。例えば1Gb/in<sup>2</sup>の記録密度ではトラック方向密度は8kTPI以下、トラックピッチにして3~4 $\mu$ m程度であるが、10Gb/in<sup>2</sup>以上の記録密度を達成するためにはトラック密度は25kTPI以上、トラックピッチにして1 $\mu$ m以下となるため、磁気ヘッドの位置決め精度は(トラックピッチの10%である)0.1 $\mu$ m以下が要求されるようになる。

【0003】図19に磁気ディスク装置に用いられる磁気ヘッド位置決め機構(ポジショナ)の従来例を示す。この磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッドを円弧形に回転駆動するロータリーアクチュエータ方式と呼ばれるもので、複数のホルダアーム11と、可動コイル12を備えたアームブロック(キャリッジ)13とが回転軸受け部14を中心に矢印A(図19(b)参照)の方向に回転可能となるように構成されている。前記アームブロック13のホルダアーム先端部には、磁気ヘッド1を搭載したスライダ2を支持する磁気ヘッド支持機構5(サスペンションまたはHGA: Head Gimbal Assembly)が接続されている(図19(c),(d)参照)。また、前記アームブロック13の他端に設置された可動コイル12は、外部固定磁気回路15と組み合わされてVCM (Voice Coil Motor: ボイス・コイル・モータ)を構成し、前記可動コイル12に所定の駆動電流を印加することにより駆動力を発生して、前記磁気ヘッド支持機構5をシーク方向(図19(b): 矢印A)へ円弧軌道で回転駆動し、磁気ヘッド1を媒体上の目標トラックへ位置決めさせる。ここでいう位置決め動作とは、磁気ヘッドを任意のトラック位置から目標のトラック位置へと移動させるシーク動作(トラッキング)と、磁気ヘッドを目標のトラック上に追従させておくフォロー動作(フォローイング)とに分けられる。

【0004】このように従来の磁気ヘッド位置決め機構は1つのVCMで複数の磁気ヘッドを同時に駆動するため、位置決め精度とりわけフォローイングにおけるトラック追従精度が十分ではなく、前述のように1 $\mu$ m以下の狭トラックピッチが要求される高TPIの装置には対応できなくなりつつある。そこで、VCMによるキャリッジ駆動とは独立して、各々の磁気ヘッドを個別に駆動させる2ステージアクチュエータの研究が進められてい

る。この2ステージアクチュエータは個別に駆動させる部位によって大きく3種類に大別できる。すなわち磁気ヘッド部を個別駆動させるヘッド素子駆動方式(図20)、スライダ部を個別駆動させるスライダ駆動方式(図21)、および磁気ヘッド支持機構(HGA)部を個別駆動させるHGA駆動方式(図22及び図23)である。

【0005】図20に示すヘッド素子駆動方式は、マイクロマシン技術を応用してスライダA1内に歯構造を有する静電駆動型のリニアアクチュエータA2を埋め込んだものであるが、加工難度が高いため歩留まりが悪く、また可動方向に衝撃が加わると容易に変位あるいは破壊してしまう欠点があり未だ実用化に至っていない。なお、図20においてA3は磁気ヘッド、A4は磁気ヘッド支持機構(サスペンション)である。

【0006】図21に示すスライダ駆動方式は、シリコンマイクロジナルB1とプレーナ型電磁駆動方式のビギバック・マイクロアクチュエータB2を組み合わせた構造であるが、誘導磁界を発生させるコイルパターン層を厚く加工できないため十分な駆動力が得られないといった課題を抱えている。

【0007】最後に図22、図23に示すHGA駆動方式であるが、これはHGA駆動用アクチュエータの発生力が磁気ヘッドの加速度に比例するか変位に比例するかによって、カー加速度型(高コンプライアンス型: 図22)とカー変位型(高スティッフネス: 図23)の2種類に分けられる。

【0008】図22に示すカー加速度型(高コンプライアンス型)の2ステージアクチュエータでは、HGA接合部に小型VCMを構築して電磁力により磁気ヘッドを回転駆動させるタイプが主流であり、マイクロアクチュエータの軸受け部に十字形の板バネC1やI形の板バネ(特願平09-260680号公報)を配置して小型VCMの駆動力により板バネを撓ませてHGAを回転駆動させるものである。このカー加速度型の2ステージアクチュエータ(小型VCMタイプ)の場合、比較的小電流で大きな駆動ストロークが得られる一方で、軸受けバネ(十字形バネ/I形バネ)の回転剛性を強くできないために低周波数帯域でアクチュエータ主共振(軸回転モード)が現れサーボ帯域を狭くするといった課題を抱えている。また、デジタルコントローラを用いる場合には、後述するカー変位型の2ステージアクチュエータとは異なり1段目と2段目のアクチュエータの相対変位を検出するセンサが必要になるためシステムが複雑化するという問題もある。

【0009】一方、図23に示すカー変位型(高スティッフ型)の2ステージアクチュエータは、ホルダアームD1とHGA部D4との接合位置に圧電素子D2を配置し圧電効果を利用してHGA部D4を駆動させるものであり、同図に示すように圧電素子D2をホルダアームD

1の先端部に直接埋め込んで、おなじくホルダアームD1の先端部に一体成型で構成した一对の平行板バネD3を圧電素子D2の歪により撓ませて先端部に取り付けたHGA部D4を駆動させている。

【0010】また最近では、図24に示すように、ホルダアームとHGAとの間に小型のアクチュエータ・スプリング8を配置し、その上に一对の圧電素子16を固定してアクチュエータ・スプリング8を撓ませて端部に接続したHGAを駆動させるタイプや、図25に示すように、圧電素子E1の厚み滑り振動(1・5モード)を利用してHGA部E2を駆動させるタイプなどが発表されている。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】これら力変位型の2ステージアクチュエータは、サーボシステムの構築が容易であり高速動作が可能でかつ高剛性に設計できるためサーボ帯域を広くとれるといった利点があるが、圧電素子の変位ストロークが小さいため2段目のアクチュエータによるヘッド可動範囲が狭くなりトラック追従性能に制限を受けるといった欠点がある。このような場合、磁気ヘッドの駆動範囲を広げるためには駆動倍率(圧電素子の変位量に対する磁気ヘッドの駆動量)が大きくなるようにアクチュエータ・スプリングを設計する必要があるが、そうすると今度はアクチュエータ支持剛性が低くなり耐衝撃性能や長期信頼性(ロード/アンロード耐久性等)が犠牲になる。また、圧電素子の発生力は素子部の断面積(および印加電圧)に比例するため十分な駆動力を得るには圧電素子の厚みを大きくする必要があるが、その場合には2ステージアクチュエータの実装高さが大きくなり狭板間への実装が困難になってくる。

【0012】本発明は上述した事情に基づいてなされたものであり、その目的は、例えば、10Gb/in<sup>2</sup>を超える高記録密度の磁気ディスク装置において、トラック密度25kTPI以上の狭トラックピッチ(トラックピッチ1μm以下)でも追従可能で、かつサーボ帯域3kHz以上を確保できるような、高速・高精度な磁気ヘッド位置決め機構を提供することにある。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッド支持機構と2ステージアクチュエータを備え、前記磁気ヘッド支持機構は、磁気ヘッドを搭載したスライダを支持するように構成され、前記2ステージアクチュエータは、磁気ヘッド支持機構を前記磁気ヘッドのシーク方向に微小量変位させるファインアクチュエータ部と、前記ファインアクチュエータ部をボイス・コイル・モータにより前記磁気ヘッドのシーク方向に変位させるコースアクチュエータ部とから構成され、前記ファインアクチュエータ部は、前記磁気ヘッド支持機構を支持する薄板状のアクチュエータ・スプリングと2つの圧電素子を有してなり、前記磁気ヘッド支持

機構の前記磁気ヘッドのシーク方向への微小量変位は、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって行われることを特徴とする。そのため、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって、前記ファインアクチュエータ部に接続された磁気ヘッド支持機構をシーク方向に微小駆動させ、各々の磁気ヘッドを個別に位置決め制御させることにより高精度なトラック追従動作(フォロ잉)を行うことができる。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】次に、本発明の磁気ヘッドスライダ位置決め機構の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。まず、第1の実施の形態について図面を参照して説明する。図1(a)、(b)、(c1)、(c2)は、第1の実施の形態を示す平面図、側面図、要部側面図、要部平面図である。図2(a)、(b)および(c)は、第1の実施の形態のファインアクチュエータ部の詳細を示す平面図、側面図およびアクチュエータ・スプリングの平面図である。図3(a)および(b)は、同じく第1の実施の形態の構成を示す斜視図である。また、図4(a)および(b)は、アクチュエータ・スプリング部の構造と動作原理を示す平面図および側面図である。図5(a)および(b)は圧電素子による駆動方法を示す平面図である。図6(a)、(b)および(c)はファインアクチュエータ動作時のスプリング挙動を示す変位図である。図7(a)および(b)は圧電素子の変位量(歪量)と磁気ヘッドの駆動距離を示すグラフ(シミュレーション)と振動特性を示す特性線図である。また、図8(a)は、第1の実施の形態におけるアクチュエータ・スプリングの平面図である。

【0015】図1において、磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッド支持機構5と、ファインアクチュエータ部6およびコースアクチュエータ部7からなる2ステージアクチュエータとから構成されている。ファインアクチュエータ部6は、アクチュエータ・スプリング8と圧電素子16から構成され、図中ホルダアームかしめ位置10(特許請求の範囲の第2支持部に相当)においてコースアクチュエータ部7を構成するホルダアーム11に接続される。また、複数のホルダアーム11からなるアームブロック(キャリッジ)13は、その一端に可動コイル12を有し、図示せぬ外部固定磁気回路と組み合わせられてVCMを構築しコースアクチュエータ部7を形成している。

【0016】一方、図2(a)、(b)に示すように、前記磁気ヘッド支持機構5は、磁気ヘッド1を搭載した浮上型もしくは接触型のスライダ2と、それを支持する

ジンバルスプリング3ならびにスライダ2に押圧力を付与するためのロードビーム4から構成されている。そして、スライダ2を記録媒体26に対向する向きにして前記ファイアクチュエータ部6にサスペンションかしめ位置9（特許請求の範囲の第1支持部に相当）において接続されている。また、図2（c）に示すように、前記ファイアクチュエータ部6のアクチュエータ・スプリング8は、サスペンションかしめ位置9とホルダアームかしめ位置10との間において、2本の長いI形のサイドスプリング17と1本の短いI形のセンタスプリング18とを有している。

【0017】前記センタスプリング18は、アクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸上に位置し、前記2本のサイドスプリング17は前記センタスプリング18を間に挟んでアクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸に直交する向きに直列に配置される。このとき、図2（c）に示すように、前記アクチュエータ・スプリング8のサイドスプリング17およびセンタスプリング18とホルダアームかしめ位置9との間には、駆動隙間25が形成されている。そして、図3（a）に示すように、この駆動隙間25を跨ぐ形で直方体形状の一对の圧電素子16が前記アクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸を挟んでその長手軸に沿う方向に平行に配置されている。アクチュエータ・スプリング8の上において、各圧電素子16は、その駆動方向の両端部が図2（c）中に斜線領域で示す圧電素子接着位置21、21（特許請求の範囲の第1、第2支持部の箇所に相当）にそれぞれ接着されて固定されている。ここで、上記駆動隙間25は、圧電素子16が接着固定される圧電素子接着位置21、21の間に形成されている。

【0018】アクチュエータ・スプリング8にはSUS304などの韌性を有する材料を用い、図4（a）に示すようにアクチュエータ・スプリング8を形成するセンタスプリング18の短いI形バネはバネ長（ $L_c$ ）とバネ幅（ $W_c$ ）がほぼ等しくなるように設定し、2本のサイドスプリング17の細長いI形バネはバネ幅（ $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$ ）に比べてバネ長（ $L_{s1}$ ,  $L_{s2}$ ）が十分長くなるように設定しておくことが望ましい。このとき、センタスプリング18およびサイドスプリング17のバネ幅は細いほど回転剛性を低く設計できるため、圧電素子の駆動損失を小さく抑えることができるが、あまり細すぎると面内並進剛性も低くなるためアクチュエータ主共振を高く設定できなくなる。また、アクチュエータ・スプリング8の板厚（ $t_a$ ）は耐衝撃性や磁気ヘッド支持機構5のロード／アンロードによる反りが圧電素子に与えるストレスの影響（ロード／アンロード耐久性）を考慮した場合、実装の許す範囲内で厚く設定することが望ましいが、あまり厚くしすぎるとセンタスプリング18やサイドスプリング17のバネ幅（ $W_c$ ,  $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$ ）を細く加工できなくなってしまう。例えば、アクチ

ュエータ・スプリング8の板厚を $t_a=200\mu\text{m}$ に設定した場合、エッチング加工を用いた場合にはセンタスプリング18、サイドスプリング17のバネ幅はともに板厚程度の $200\mu\text{m}$ までしか加工できない。ワイヤカット等により加工する場合にはその制限は適用されないが生産性が低くなりコストが上がるので注意が必要である。

【0019】また、図4（a）に示すように、センタスプリング18の磁気ヘッド1側の端部と、サイドスプリング17の圧電素子16側の側縁部との位置関係を示す距離を $L_D$ とすると、この距離 $L_D$ を小さくしてセンタスプリング18とサイドスプリング17を近づければ回転剛性が低くなりヘッド駆動倍率（圧電素子の変位量に対する磁気ヘッドの駆動量）は上昇するが、同時にアクチュエータの主共振は低下する。逆に、距離 $L_D$ を大きくしてセンタスプリング18とサイドスプリング17を離せば、駆動軸がセンタスプリング上から磁気ヘッド側へシフトするためヘッド駆動倍率が減少するが、アクチュエータ主共振は高く設計できる。すなわち、センタスプリング18の磁気ヘッド1側の端部と、サイドスプリング17の圧電素子16側の側縁部とを近接することで磁気ヘッドの駆動倍率を大きく設定することが可能となり、サイドスプリング17の圧電素子16側の側縁部とを離間することでアクチュエータ主共振を高く設定することが可能となる。

【0020】一方、磁気ヘッドの微小駆動に用いる圧電素子には、縦効果素子や横効果素子、あるいはスタック形積層縦効果素子等が利用できる。電気的結線の加工性を考慮すれば横効果素子が使いやすいが、コスト的な制約が緩い場合には低電圧での利用が可能な積層タイプの圧電アクチュエータ（スタック形積層縦効果素子）を用いても良い。横効果素子を利用する場合、応力の負荷されていない状態での圧電定数 $d$ は以下の（1）式により求められる。

【0021】

【数1】

$$d = k \sqrt{\frac{\epsilon T}{Y E}} \quad (\text{m/V}) \quad \dots\dots (1)$$

【0022】ここで、 $k$ ：電気機械結合係数、 $\epsilon T$ ：誘電率、 $Y E$ ：ヤング率（ $\text{N/m}^2$ ）

【0023】この圧電定数 $d$ を用いて電界及び素子断面から発生力が算出されるが、このとき圧電素子の変位量（歪量）は固定部を除いた自由長（以下、駆動長さ）に比例するため、回路上の制約により駆動電圧を高く設定できない場合には、磁気ヘッド可動範囲を十分広く確保するために圧電素子の駆動長さを大きく設定しておくことよい。例えば、チタン酸鉛やチタン酸ジルコニウム系のセラミック材料のソフト材を用いた横効果素子の場合、圧電素子の駆動変位（歪）は駆動長の0.05%程度とな



り、駆動長2mmの圧電素子に30Vの電圧を印加した場合、圧電素子の変位量(歪量)は0.16 $\mu\text{m}$ 程度であるが、駆動長4mmの圧電素子を用いた場合には0.32 $\mu\text{m}$ の変位を得ることができる。

【0024】この圧電素子の駆動長さを決定するのは、アクチュエータ・スプリング8の中央に設けられた駆動隙間25(Lp:図4(b)参照)であり、磁気ヘッドの駆動範囲を広く確保するためにはアクチュエータ・スプリングの剛性を落とさない範囲内でこの駆動隙間25を長く設定しておけばよい。このような圧電素子16を2本1組として、図2(a)、(b)および(c)に示すように、アクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸を挟んで圧電素子16の長手方向(歪み方向)をアクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸と平行方向に配置する。このとき、各圧電素子16のアクチュエータ・スプリング8への接続位置は、図2(c)の斜線部に示すように駆動隙間25を跨いでホルダアームかしめ位置側とサスペンションかしめ位置側の2カ所に各々用意しておく。このうち、ホルダアームかしめ位置側の接続位置(圧電素子接着位置21)はホルダアーム11と干渉しない位置であればよいが、サスペンションかしめ位置側の接続位置(圧電素子接着位置21)はサイドスプリング17とセンタスプリング18との間の位置となるように設定しておくことが望ましい。

【0025】圧電素子16とアクチュエータ・スプリング8との接続には接着剤が用いられるが、圧電素子の配線方法(グランドをアクチュエータ・スプリングに取るか否か)によって導電性の接着剤を用いるか絶縁性の接着剤を用いるかが変わってくる。また、圧電素子の接着面積については、第1の実施の形態のようにアクチュエータ・スプリングの上に乗せて接着する場合には、圧電素子の駆動力が接着剤を介してアクチュエータ・スプリングに伝えられるため接着面積はできるだけ広く取ることが望ましいが、接着部長さが長すぎると限られたアクチュエータ・スプリング内で十分な駆動長さが確保できなくなる。前後の接着部長さは圧電素子長の20~40%程度が適当である。

【0026】このようにアクチュエータ・スプリング8に接続された一対の圧電素子16は図4(a)中のD、Eを作用点として交互に駆動し、Cのセンタスプリング18を回転させるとともに、A、Bのサイドスプリング17をサイドスプリング長手軸に直角方向へ撓ませることにより磁気ヘッド支持機構5をシーク方向へ微小駆動させる(図4(a)参照)。このとき、アクチュエータ・スプリング8の上部に乗った圧電素子16は、圧電素子接着位置21における接着剤を介してアクチュエータ・スプリング8へ駆動力を伝達し、3つのスプリング(センタスプリング18およびサイドスプリング17)を変位させている(図4(b)参照)。

【0027】ところで、2本の圧電素子を用いて磁気ヘ

ッドを駆動させる場合、その駆動方式には2種類が考えられる。1つは図5(a)に示すような両側駆動方式で、もう1つは同図(b)に示す片側駆動方式である。両側駆動方式の場合、図5(a)の(i)に示すようにニュートラルの状態では圧電素子AおよびBの両方に同電圧(初期電圧:図中では15V)を与えておき、ヘッド駆動時には図5(a)の(ii)、(iii)に示すように、一方の圧電素子に0Vを、他方の圧電素子にはニュートラル時の2倍の電圧(図中では30V)を印加する。これにより片側(0V)の圧電素子を伸長させ、他方(30V)の圧電素子を縮小させるといった差動での動作が可能となりヘッド駆動倍率を上げることができる。片側駆動方式の場合には、図5(b)の(i)に示すようにニュートラルの状態では圧電素子16Aおよび16Bには電圧をかけないでおき(初期電圧=0V)、ヘッド駆動時には、図5(b)の(ii)、(iii)に示すように、駆動側の圧電素子にのみ電圧を印加(図中では30V)し、反対の圧電素子には電圧をかけないでおく。この場合、片方の(駆動側の)圧電素子のみが変位し、他方は固定されたままとなる。このような駆動方式の場合、ヘッド駆動倍率は前記両側駆動方式に比べて約1/2になるが、ニュートラルの状態では電圧を印加しておく必要がないため初期状態で圧電素子によるアクチュエータ・スプリングへの影響(初期応力等)が少なく、また加工性(生産性)・省電力性に優れる。

【0028】図6は、第1の実施の形態のファインアクチュエータに圧電素子の駆動力が作用したときのアクチュエータ・スプリングの挙動をシミュレーションにより解析した結果を示している。アクチュエータ・スプリングには板厚200 $\mu\text{m}$ のSUS304を、圧電素子にはPZT(L×W×t=2.5mm×1.0mm×0.2mm)を用いており30V印加相当の駆動力(80gf)を負荷させている。圧電素子の変位により、センタスプリングを軸にサイドスプリングが撓んで磁気ヘッド支持機構が駆動されているのが判る。

【0029】図7(a)は、第1の実施の形態のアクチュエータ・スプリングを用いた場合の圧電素子駆動変位に対する磁気ヘッドの駆動距離の関係を示しており、横軸に圧電素子駆動変位量( $\mu\text{m}$ )を、縦軸に磁気ヘッド駆動距離( $\mu\text{m}$ )を示している。また、同図(b)は本実施例のファインアクチュエータ部の周波数特性を示しており、横軸に周波数(Hz)を、縦軸にゲイン(dB)を示している。いずれもシミュレーションによる解析結果である。図24で紹介した従来の2ステージアクチュエータ(本実施例と同様に2本の圧電素子によりアクチュエータ・スプリングを撓ませてHGAを駆動するタイプ)に比べて、本実施例の2ステージアクチュエータは磁気ヘッドの駆動倍率(どちらも両側駆動方式で評価)が大きく、同時にアクチュエータ主共振(Sway)も高く設計できているのがわかる。すなわち、高周波数帯

域まで共振ピークの現れない良好な振動特性を得ることができる。

【0030】図24で示した従来の2ステージアクチュエータは、一対の圧電素子を使ってアクチュエータ・スプリングを撓ませてHGAを駆動するといった点では、本発明の2ステージアクチュエータと共通であるが、圧電素子をアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸に直角に配置している点で本発明の2ステージアクチュエータとは異なる。この従来の2ステージアクチュエータの場合、アクチュエータ・スプリングの幅方向に2本の圧電素子が縦に並んで配置されるため、アクチュエータ・スプリングの全幅よりも圧電素子の駆動長さを大きくとることができない。したがって、圧電素子の変位量を増やすことが難しく磁気ヘッドの駆動範囲を広くとれないといった欠点がある。これに対して本発明の2ステージアクチュエータは、一対の圧電素子をアクチュエータ・スプリング長手軸方向に沿って平行に配置しているため、前記従来の2ステージアクチュエータに比べて圧電素子を大きくする（駆動長を長くする）ことができるため、圧電素子の変位量を増やして磁気ヘッドの駆動範囲を広げることが容易である。

【0031】また、前記従来の2ステージアクチュエータのアクチュエータ・スプリング部は、本発明のアクチュエータ・スプリングと同様に一対のサイドスプリングをアクチュエータ・スプリング長手軸に直角に左右端に直列配置し、1本のセンタスプリングを長手方向の中心軸上に配置している点では共通であるが（図24参照）、本発明の2ステージアクチュエータでは、センタスプリングをサイドスプリングに比べて極端に短い（幅と長さがほぼ等しい）I形の板バネを用いている点で違っており、また圧電素子による駆動力の作用点をセンタスプリングよりもホルダアーム側に設定している点でも異なっている。本発明の2ステージアクチュエータは、これらによって回転軸をセンタスプリング上に設定することができ磁気ヘッドの駆動倍率を上げることができる。さらに、短いI形の板バネを駆動軸上に配置するアクチュエータ・スプリング構造は前記従来の2ステージアクチュエータに比べて面内回転剛性を小さくしたまま面外剛性を強く設定できるため、HGA駆動時の面外運動（ロール/ピッチ方向への逃げや媒体垂直方向への反りなど）を抑えて駆動力の損失を極力小さくすることができるとともに、耐衝撃性やロード/アンロード耐久性を確保することが可能になっている。

【0032】次に、第2の実施の形態について図面を参照して説明する。図8(a)は、第2の実施の形態におけるアクチュエータ・スプリングの平面図である。第1の実施の形態では、アクチュエータ・スプリング8に設けたセンタスプリングを、アクチュエータ・スプリング8の長手方向の中心軸上に配置された1本の短いI形の板バネで形成した。これに対して、第2の実施の形態で

は、センタスプリング18を、2本のサイドスプリング17と平行方向に延在するように、すなわちアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸と直交する方向に延在するように配置している。このとき、前記一対のセンタスプリング18は前記サイドスプリング17よりもホルダアーム側（特許請求の範囲の第2支持部に近い箇所に相当）に配置され、また前記サイドスプリングよりもアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸寄りに配置されている。このとき、一対の圧電素子16はアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸を挟んで平行に配置され、センタスプリング18とサイドスプリング17の間に圧電素子接着位置21の一端がくるようになっている。第2の実施の形態では、圧電素子の駆動変位を2本の長いI形の板バネであるサイドスプリングと2本の短いI形の板バネであるセンタスプリングの撓みにより受ける構造であるため、HGA支持剛性が格段に強くなる。したがって、高周波数帯域までアクチュエータ共振を抑えたい場合や、面外剛性を下げずに良好な周波数特性を維持しながらアクチュエータ・スプリングの板厚を薄くしたいような場合に有効である。

【0033】次に、第3の実施の形態について図面を参照して説明する。図8(b)は、第3の実施の形態におけるアクチュエータ・スプリングの平面図である。前記第1の実施の形態では、アクチュエータ・スプリングに設けたサイドスプリングをアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸に直角方向へ直列に配置したが、第3の実施の形態では、サイドスプリング17をHGA側に向かって開口する「ハ」の字形に配置し、アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟んで平行に配置していた一対の圧電素子16をホルダアーム側に向かって開口する「ハ」の字形に配置している。すなわち、前記センタスプリング18は、前記中心軸上で前記中心軸方向に延在し、前記2本のサイドスプリング17は、前記中心軸を挟む箇所、前記第2支持部側の間隔よりも前記第1支持部側の間隔が大となるように前記中心軸と交差する方向に延在している。そして、前記2つの圧電素子16は、前記アクチュエータ・スプリング上において前記中心軸を挟む箇所、前記第1支持部側の間隔よりも前記第2支持部側の間隔が大となるように前記圧電素子16の駆動方向が前記中心軸と交差するように設けられている。さらに、前記中心軸に対して同じ側に位置する前記サイドスプリング17と圧電素子16は、前記サイドスプリング17の延在方向と前記圧電素子16の前記駆動方向とがほぼ直交して交差するように構成されている。

【0034】このように圧電素子をその駆動方向がアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸に対して斜めとなるように配置することにより、駆動長さをより長くとることができるため磁気ヘッドの駆動範囲を広げることが可能になる。また、サイドスプリング17の延在

方向と圧電素子16の駆動方向とが直交して交差するように構成することで、圧電素子16の駆動力をサイドスプリングの17の板バネの撓み方向へ垂直に作用させて駆動損失を抑えるとともにアクチュエータ・スプリングをコンパクトに設計することが可能になる。

【0035】次に、第4の実施の形態について図面を参照して説明する。図9(a)、(b)および(c)は、第4の実施の形態における2ステージアクチュエータを示す斜視図である。図10(a)および(b)は、第4の実施例における圧電素子接続部の詳細を示す斜視図および側面図である。図11(a)および(b)は、第4の実施例における2ステージアクチュエータの構造を説明した平面図、側面図および構成図である。また、図12(a)および(b)は、第4の実施例における2ステージアクチュエータのファインアクチュエータ部への圧電素子の接続例を説明した側面図である。

【0036】図9乃至図11に示すように、第4の実施の形態では、ファインアクチュエータ部6のアクチュエータ・スプリング8を上部アクチュエータ・スプリング19(特許請求の範囲の第1スプリング部に相当)、下部アクチュエータ・スプリング20(特許請求の範囲の第2スプリング部に相当)に分けて、すなわち上下2枚の薄い鋼板に分けて形成している。そして、上下2枚の薄い鋼板に分けて形成されたアクチュエータ・スプリング8のうち、下部アクチュエータ・スプリング20には1本の短いI形の板バネ形状からなるセンタスプリング18のみをアクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸上に配置している。一方、上記アクチュエータ・スプリング8のうち、上部アクチュエータ・スプリング部19には一対の長いI形の板バネ形状からなるサイドスプリング17のみをアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸に直交する向きに直列に配置している。そして、これら上部アクチュエータ・スプリング19、下部アクチュエータ・スプリング20を貼り合わせて接合することによって、1枚のアクチュエータ・スプリング8を形成したとき、下段にセンタスプリング18が上段にサイドスプリング17が構成されることになる。

【0037】なお、第4の実施の形態では、上部アクチュエータ・スプリング19にサイドスプリング17を、下部アクチュエータ・スプリング20にセンタスプリング18を設定したがサイドスプリング17とセンタスプリング18を設ける箇所は逆でも構わない。上部と下部のアクチュエータ・スプリングの接合には接着剤を用いても良いが、磁気ヘッド支持機構の接合で用いられるレーザスポット溶接を利用してもよい。このとき、図12(a)に示すように、上部アクチュエータ・スプリング19の板厚(t1)と下部スプリング20の板厚(t2)は等しくなるように設定し、上下2枚のアクチュエータ・スプリングを貼り合わせて1枚のアクチュエータ・スプリングを形成したときの板厚(t1+t2)は前

記第1の2ステージアクチュエータの板厚(ta)と等しくなるようにしておく。

【0038】また、図10(b)に示すように、下部アクチュエータ・スプリング20の駆動隙間(LpL)(特許請求の範囲の第2駆動隙間に相当)は、上部アクチュエータ・スプリングの駆動隙間(LpU)(特許請求の範囲の第1駆動隙間に相当)よりも圧電素子接着長さ相当だけ短くなるように設定し、かつ上部アクチュエータ・スプリングの駆動隙間(LpU)の長さは圧電素子の駆動方向の長さと同しくなるように設定しておく。このため、駆動用の一対の圧電素子16は下部アクチュエータ・スプリングの上に駆動隙間(LpL)を跨ぐ形で乗り、同時に上部アクチュエータ・スプリングの駆動隙間(LpU)の間に挟まれる形で接続される(図10(b)参照)。換言すれば、第1、第2駆動隙間の一方が他方より広く設定されることで前記第1、第2支持部の箇所それぞれ段部が形成されている。そして、圧電素子16の前記アクチュエータ・スプリングに対する固定は、圧電素子16の駆動方向の一端と他端が前記段部にはめ込まれた状態で行われている。

【0039】これにより、例えば、図12(a)に示すように、圧電素子16の接着面積を素子の下面と垂直端面の両方で確保できるため、圧電素子の接合が強固になり接着剤滑りによる駆動損失を抑えることができるとともに、上部アクチュエータ・スプリングの板厚分(t1)だけ実装高さを低く抑えることができる。あるいは、逆に実装高さをそのままにして圧電素子の厚み(tPZT)を増やすことにより(素子の断面積に比例する)発生力を大きくすることができるとともにファインアクチュエータ駆動部の剛性を強くすることができ、耐衝撃性や信頼性に優れた2ステージアクチュエータを提供することができる。

【0040】図12(a)の例では、前記上部アクチュエータ・スプリングと下部アクチュエータ・スプリングの板厚を同じとしたが、図12(b)に示す例では、前記上部アクチュエータ・スプリングと下部アクチュエータ・スプリングの板厚を違えており、下部アクチュエータ・スプリングの板厚(t2)は上部アクチュエータ・スプリングの板厚(t1)に比べて小さくなるように設定している。この場合でも上部・下部のアクチュエータ・スプリングを貼り合わせたときのアクチュエータ・スプリング8の板厚(ta)は前記第1乃至第3の実施の形態の場合と同じになるようにしておく。

【0041】これにより、前述したような上部、下部アクチュエータ・スプリング19、20の駆動隙間の大きさを異ならせることによって形成される段部における圧電素子16の上部、下部アクチュエータ・スプリング19、20の箇所に対する接合面積(特に垂直端面)はさらに広くなり、駆動力の損失を抑えることができるとともに、圧電素子そのものをより厚く設計できるため十分

に強い発生力が得られる。また、圧電素子の厚みを変更しない場合には、実装高さを小さく設定できるため狭板間への実装が可能になる。なお、この場合、下部アクチュエータ・スプリングの板厚( $t_2$ )は上部アクチュエータ・スプリングの板厚( $t_1$ )に比べて小さくなるように設定されるため、下部アクチュエータ・スプリングの剛性は、図12(a)の場合に比較して、板厚の減少により低下しているため、バネ幅( $Wc$ )を広く設定するなどして剛性の調整を行う必要がある。

【0042】次に、第5の実施の形態について図面を参照して説明する。図13の(a)、(b)および(c)は、第5の実施の形態における2ステージアクチュエータの構造を示す斜視図および構成図である。図14(a)、(b)および(c)は、第5の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す平面図、側面図および組立を説明する説明図である。図15(a)、(b)および(c)は、第5の実施の形態の2ステージアクチュエータにおける圧電素子の接続を説明した側面図である。

【0043】図13に示すように、磁気ヘッド支持機構5はロードビーム部4を備えて構成されている。ロードビーム部4は、1枚の鋼板で形成されており、本体部4A、連絡部4B、補強板23から構成されている。そして、ロードビーム部4は、第1の実施の形態で設定したアクチュエータ・スプリング8のセンタースプリング部18およびサイドスプリング部17を除いた部位とオーバーラップするように(重ね合わされるように)設定されている。ここで、本体部4Aは、アクチュエータ・スプリング8の第1支持部に接合され、補強板23は、アクチュエータ・スプリング8の第2支持部に接合され、連絡部4Bは、本体部4Aと補強板23を接続するように構成されている。連絡部4Bは、図13の例では、アクチュエータ・スプリング8の中心軸を挟む2箇所において前記中心軸と直交する方向に延在し、一端が本体部4Aに接続され、他端が補強板23に接続されている。このとき、前記ロードビーム4で造られた圧電素子16の駆動隙間( $LpS$ : 図14(b)参照)(特許請求の範囲のロードビーム側駆動隙間に相当)は、前記アクチュエータ・スプリング8において形成される駆動隙間( $Lp$ : 図14(b)参照)よりも短くなるように設定しておく。

【0044】これにより、磁気ヘッド支持機構5をアクチュエータ・スプリング8にレーザスポット溶接等により接合したとき、駆動隙間部25には、アクチュエータ・スプリング8を上段にロードビーム部4を下段にした状態で、ロードビーム4の本体部4Aと補強板23の一部が駆動隙間25( $Lp$ )から突き出た形で圧電素子接着位置部21を構成している。このとき、圧電素子接着位置部21を側面からみるとアクチュエータ・スプリング8とロードビーム4(および補強板23)の鋼板とでL字形の接続部位が形成されていることになる(図14

(b)参照)。このL字形の圧電素子接着位置部21に駆動用の圧電素子16を埋め込み、素子の底面と垂直端面を接着剤等により固定することによってアクチュエータ・スプリング8(およびそれに接合されているロードビーム4)と圧電素子16とを接合する。換言すれば、本体部4Aと補強板23の間でアクチュエータ・スプリングの前記駆動隙間に対応する箇所に前記駆動隙間 $Lp$ よりも狭いロードビーム側駆動隙間 $Lps$ が形成されることで前記第1、第2支持部の箇所にそれぞれL字形の接続部位(段部)が形成されている。そして、圧電素子16の前記アクチュエータ・スプリングに対する固定は、前記圧電素子16の駆動方向の一端と他端が前記L字形の接続部位にはめ込まれた状態で行われる。

【0045】また、前記ロードビーム4と補強板23とは初め1枚の鋼板で形成しておき、磁気ヘッド支持機構5をアクチュエータ・スプリング8に接合(組み立て)した後(このとき補強板23の部位もロードビーム部4と同様アクチュエータ・スプリング8に接合する)に、ロードビーム部4と補強板23とを接続する連絡部4Bを切除するようにすれば加工が容易である(図14(c)参照)。

【0046】これにより、第5の実施の形態においても、第4の実施の形態の場合と同様に、圧電素子16の接着部位を素子の下面と垂直端面の両方で確保できるため接合が強固になり接着剤滑りによる駆動損失を抑えることができるとともに、アクチュエータ・スプリング8の板厚分( $t_a$ )だけ実装高さ(図15(a)参照)を低く抑えることができる。あるいは、逆に実装高さをそのままにしておき圧電素子16の厚み( $t_{PZT}$ )を増やすことにより駆動部の発生力を大きくすることができる(図15(b)参照)。また、図15(c)に示すように、アクチュエータ・スプリングの厚みを厚くしてファインアクチュエータ駆動部の剛性も強くすることができるため耐衝撃性や信頼性に優れた2ステージアクチュエータを提供することができる。あるいは圧電素子の厚みを変更しない場合、実装高さを小さく設定することができるため狭板間への実装が容易になる。

【0047】次に、第6の実施の形態について図面を参照して説明する。図16(a)、(b)および(c)は、第6の実施の形態における2ステージアクチュエータの構造を示す斜視図および構成図である。図17(a)、(b)は、第6の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す平面図、構成図である。図18(i)、(ii)および(iii)は、第6の実施の形態の2ステージアクチュエータの動作原理を説明した平面図および側面図である。

【0048】図16において、第4の実施の形態の場合と同様に、同様にアクチュエータ・スプリング8を上下2枚の薄い鋼板で形成し、このうち上部アクチュエータ・スプリング19には一対の長いI形のサイドスプリン

グ17のみをアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸に直交する向きに直列に配置している。一方、下部アクチュエータ・スプリング20には、1本の短いI形のセンタスプリング18のみをアクチュエータ・スプリング長手方向の中心軸上に配置している。これら上部アクチュエータ・スプリング19、下部アクチュエータ・スプリング20を貼り合わせて1枚のアクチュエータ・スプリング8を形成している。このとき、下段にはセンタスプリング18が、上段にはサイドスプリング17が構成されることになる。

【0049】また、上部アクチュエータ・スプリング19には第4の実施の形態の場合と同様に駆動隙間25を設けるが、下部アクチュエータ・スプリング20には駆動隙間は設定しないで置く。前記下部アクチュエータ・スプリング20の長手方向の中心軸を挟んでセンタスプリング18よりホルダアーム側の箇所（特許請求の範囲の第2支持部の箇所に相当）に一对の滑りモード（1・5モード）で駆動する圧電素子16の下面（特許請求の範囲の端面に相当）を接着する。一方、磁気ヘッド支持機構5を構成するロードビーム部4のサスペンションかしめ位置9から後端部には、前記アクチュエータ・スプリングの長手方向の中心軸を挟んでホルダアーム側に伸長する2つの圧電素子接着スペース26（特許請求の範囲の固定部に相当）が設けられている。圧電素子接着スペース26は、前記下部アクチュエータ・スプリング20の箇所とアクチュエータ・スプリングの厚み方向に間隔をおいて対面するように構成されている。そして、圧電素子16は、圧電素子接着スペース26と前記下部アクチュエータ・スプリング20に挟まれた状態で、前記圧電素子16の上面（特許請求の範囲の端面に相当）が圧電素子接着スペース26に接着される。

【0050】この滑りモード（1・5モード）で駆動する圧電素子16は、図18に示すように下面を固定して電圧をかけたとき上面が前後に滑るように駆動するため、（駆動方向の）長さが短く幅が広い正方形に近い投影面形状になるので前記圧電素子接着スペース26には十分な接着面積を確保しておくことが望ましい。また、前記圧電素子16の厚み（ $t_{PZT}$ ）と前記上部アクチュエータ・スプリング19の板厚（ $t_1$ ）とは等しくなるように設定しておき、前記ロードビーム4の圧電素子接着スペース20と圧電素子16の上面とは同一平面内になるように留意する。このように滑りモード（1・5モード）で駆動する一对の圧電素子を利用して2ステージアクチュエータを構築する場合、ニュートラルの位置では圧電素子Aと圧電素子Bとの両方に一定の電圧（初期電圧：図18(i)中では15V）を印加しておき、磁気ヘッド駆動時には片方の圧電素子を0Vに、他方をニュートラル時の2倍の電圧（図18(ii)、(iii)中では30V）を印加して、両方の圧電素子を差動で駆動させる。このような2ステージアクチュエータで

は、圧電素子の接着面積が大きく確保できると同時に圧電素子を上下で挟み込んで接合しているのでファインアクチュエータ駆動部の剛性を強く設計することが可能になる。

【0051】圧電素子の滑りモード（1・5モード）を利用した従来の2ステージアクチュエータでは、図25で示したようなヒンジを使って駆動するタイプがある。この場合、一对の圧電素子をホルダアーム先端部に接合するプレート上にホルダアーム長手方向の中心軸を挟んで左右に平行に並べ、圧電素子の下面を前記プレートに接合し、上面は細い2本のヒンジを有するマウント・ブロックに接合している。

【0052】このとき、前記マウント・ブロックには磁気ヘッド支持機構が接続されており、磁気ヘッドを駆動する際には図25(b)に示すように左右一对の圧電素子がHGA長手方向に交互に（滑り）駆動し、それによって前記マウント・ブロックの2本のヒンジ部が左右で交互に（前後方向へ）ずれて、磁気ヘッド支持機構をシーク方向へ微小回転駆動させている。このように細い2本のヒンジでHGAを駆動する場合、駆動倍率を稼ぐためにヒンジ部を極力細くし、かつ長手方向の中心軸へぎりぎりまで寄せて配置しなければならない。そのため、ファインアクチュエータ駆動部の面外剛性が不足しHGAに大きな押圧荷重をかけることができなくなるなど、耐衝撃性やロード／アンロード耐久性の確保等に難があった。

【0053】これに対して、第6の実施の形態における2ステージアクチュエータでは、アクチュエータ中心軸上に短い1本のI形のセンタスプリング（回転駆動）を配し、アクチュエータ左右端に長い一对のI形のサイドスプリング（撓み駆動）を配置しているため、面内回転剛性を小さく保ちつつ面外剛性を強く設定できる。したがって磁気ヘッド支持機構の高荷重設計にも対応でき、耐衝撃性やロード／アンロード耐久性を確保することが容易である。

【0054】次に第7の実施の形態について図面を参照して説明する。図17(c)は、第7の実施の形態における2ステージアクチュエータを示す平面図である。第7の実施の形態の2ステージアクチュエータでは、第6の実施の形態においてロードビーム4のサスペンションかしめ位置後端に設けていた圧電素子接着スペース27を、ロードビーム部4とは別部品のサブスペーサ24（特許請求の範囲の固定部材に相当）の後端部に設けている。このため、組み立ての手順としては、まず圧電素子16の下面を接続した前記アクチュエータ・スプリング8に磁気ヘッド支持機構5（ロードビーム4）を接合し、しかるのちに前記サブスペーサ24をロードビーム4のサスペンションかしめ位置9に接続する。ここで、サブスペーサ24は、ロードビーム部4の本体部4Aの上部アクチュエータ・スプリング19側と反対側の箇所

に接合される。このとき、同時に前記サブスペース24の圧電素子接着スペース27の部位を前記圧電素子16の上面に接合する。第6の実施の形態のように、磁気ヘッド支持機構5とアクチュエータ・スプリング8との接合にスポット溶接を用いる場合には、圧電素子16の上面と上部アクチュエータ・スプリング19とロードビーム4とが同一面上にくるため、圧電素子16上面と圧電素子接着スペース27との接着剤による接合と、上部アクチュエータ・スプリング8とロードビーム4とのスポット溶接とを同時に行わなければならない作業性が悪い。これに対して第7の実施の形態では、圧電素子接着スペース27を有するサブスペース24を用意して磁気ヘッド支持機構5のアクチュエータ・スプリング8への組み立てと圧電素子16の接合とを別工程で行うため作業性が向上するとともに組立精度を向上させることができる。

#### 【0055】

【発明の効果】本発明の磁気ヘッド位置決め機構は、磁気ヘッド支持機構と2ステージアクチュエータを備え、前記磁気ヘッド支持機構は、磁気ヘッドを搭載したスライダを支持するように構成され、前記2ステージアクチュエータは、磁気ヘッド支持機構を前記磁気ヘッドのシーク方向に微小量変位させるファインアクチュエータ部と、前記ファインアクチュエータ部をボイス・コイル・モータにより前記磁気ヘッドのシーク方向に変位させるコースアクチュエータ部とから構成され、前記ファインアクチュエータ部は、前記磁気ヘッド支持機構を支持する薄板状のアクチュエータ・スプリングと2つの圧電素子を有してなり、前記磁気ヘッド支持機構の前記磁気ヘッドのシーク方向への微小量変位は、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって行われるように構成した。そのため、前記2つの圧電素子に交互に電圧を印加することで前記2つの圧電素子に駆動力を発生させ、前記駆動力によって前記アクチュエータ・スプリング部を弾性的に撓ませることによって、前記ファインアクチュエータ部に接続された磁気ヘッド支持機構をシーク方向に微小駆動させ、各々の磁気ヘッドを個別に位置決め制御させることにより高精度なトラック追従動作（フォローイング）を行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態を示す図であり、(a)は平面図、(b)は側面図、(c1)は要部側面図、(c2)は要部平面図である。

【図2】 第1の実施の形態のファインアクチュエータ部の詳細を示す図であり、(a)は平面図、(b)は側面図、(c)はアクチュエータ・スプリングの平面図である。

【図3】 本発明の第1の実施の形態における2ステー

ジアクチュエータの構成を説明した斜視図である。

【図4】 本発明の第1の実施の形態におけるアクチュエータ・スプリング部の構造と動作原理を示す図であり、(a)は平面図、(b)は側面図である。

【図5】 本発明の第1の実施の形態における2ステージアクチュエータの駆動方法を説明する平面図である。

【図6】 本発明の第1の実施の形態におけるファインアクチュエータ動作時のスプリング挙動を示す図であり、(a)、(b)はスプリング挙動を示す変位図、

(c)は要部拡大図である。

【図7】 本発明の第1の実施の形態における2ステージアクチュエータの圧電素子変位に対する磁気ヘッド駆動距離の関係を示すグラフと周波数特性を示す特性線図である。

【図8】 本発明の第2、第3の実施の形態における2ステージアクチュエータを示す図であり、(a)は第2の実施の形態における2ステージアクチュエータの平面図、(b)は第3の実施の形態における2ステージアクチュエータの平面図である。

【図9】 本発明の第4の実施の形態における2ステージアクチュエータを示す斜視図である。

【図10】 本発明の第4の実施の形態における2ステージアクチュエータの圧電素子接続部の詳細を説明した図であり、(a)は斜視図、(b)は側面図である。

【図11】 本発明の第4の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を説明した図であり、(a)は平面図と側面図、(b)は構成図である。

【図12】 本発明の第4の実施の形態における2ステージアクチュエータの圧電素子接続部を示す図であり、

(a)は圧電素子接続部の一例を示す側面図、(b)は他の例を示す側面図である。

【図13】 第5の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を示す図であり、(a)は組み立て状態を示す斜視図、(b)は圧電素子との関係を示す斜視図、(c)はアクチュエータ・スプリングとロードビーム部との関係を示す斜視図である。

【図14】 第5の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を示す図であり、(a)は平面図および側面図、(b)は拡大した側面図、(c)は組み立て方法を示す説明図である。

【図15】 第5の実施の形態における2ステージアクチュエータの圧電素子厚みと実装高さの関係を説明した図であり、(a)は圧電素子の厚みがアクチュエータ・スプリングの厚みと同じ場合の側面図、(b)は圧電素子の厚みがアクチュエータ・スプリングの厚みよりも厚い場合の側面図、(c)はアクチュエータ・スプリングと圧電素子の厚みが厚くかつ同じ場合の側面図である。

【図16】 第6の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を示す図であり、(a)は組み立て状態を示す斜視図、(b)は圧電素子との関係を示す斜視

図、(c)はアクチュエータ・スプリングとロードビーム部との関係を示す斜視図である。

【図17】 第6、第7の実施の形態における2ステージアクチュエータの構成を示す図であり、(a)は第6の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す平面図、(b)は第6の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す構成図、(c)は第7の実施の形態の2ステージアクチュエータを示す側面図と構成図である。

【図18】 第6の実施の形態における2ステージアクチュエータの駆動方法を説明する説明図である。

【図19】 磁気ヘッド位置決め機構の従来例を示す平面図・側面図・動作図、および磁気ヘッド支持機構の構成を示す斜視図および平面図である。

【図20】 2ステージアクチュエータの従来例（ヘッド素子駆動方式）を示す斜視図である。

【図21】 2ステージアクチュエータの従来例（スライダ駆動方式）を示す斜視図および平面図である。

【図22】 2ステージアクチュエータの従来例（カー加速度型のHGA駆動方式）を示す斜視図および平面図である。

【図23】 2ステージアクチュエータの従来例（カー

変位型のHGA駆動方式1)を示す平面図である。

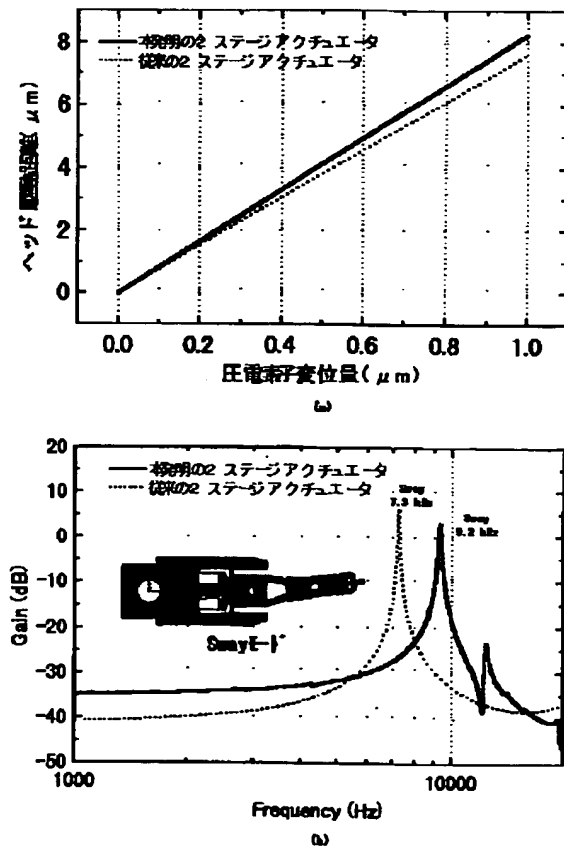
【図24】 2ステージアクチュエータの従来例（カー変位型のHGA駆動方式2)を示す説明図である。

【図25】 2ステージアクチュエータの従来例（カー変位型のHGA駆動方式3)を示す斜視図である。

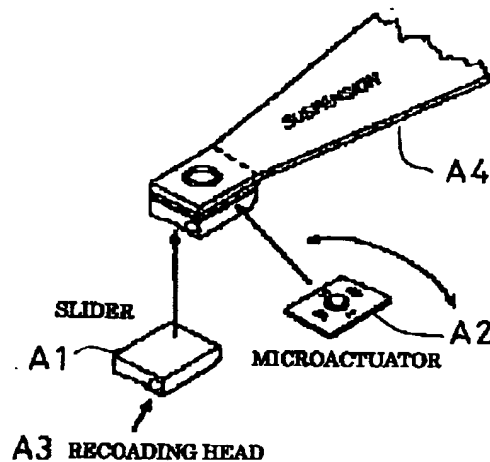
【符号の説明】

- 1……磁気ヘッド、2……スライダ、3……ジンバルスプリング、4……ロードビーム部、4A……本体部、4B……連絡部、5……磁気ヘッド支持機構（サスペンション）、6……ファインアクチュエータ部、7……コースアクチュエータ部、8……アクチュエータ・スプリング、9……サスペンションかしめ位置、10……ホルダアームかしめ位置、11……ホルダアーム、12……可動コイル、13……アームブロック（キャリッジ）、16……圧電素子、17……サイドスプリング、18……センタースプリング、19……上部アクチュエータ・スプリング、20……下部アクチュエータ・スプリング、21……圧電素子接着位置、23……補強板、24……サブスペーサ、25……駆動隙間、26……圧電素子接着スペース。

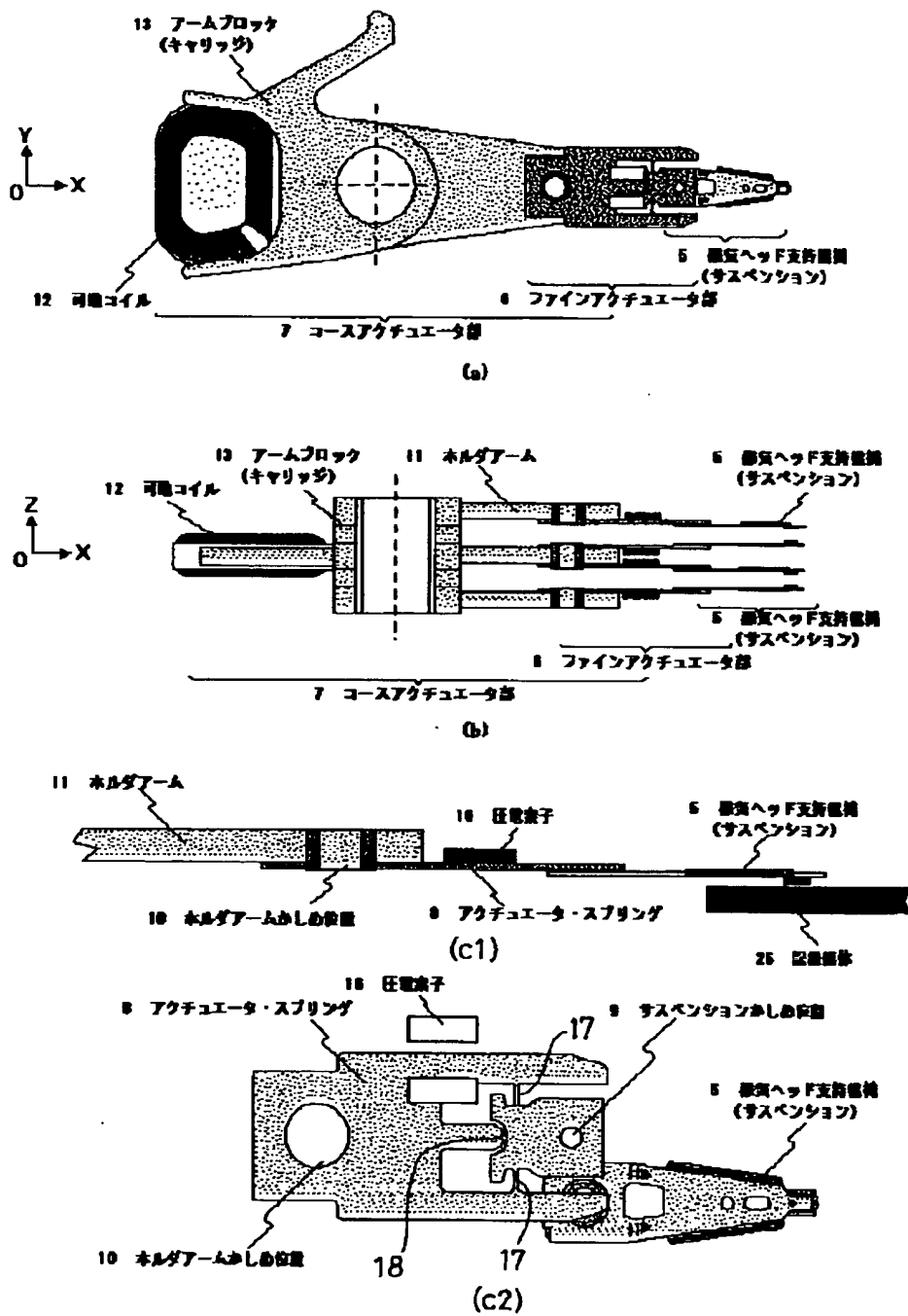
【図7】



【図20】

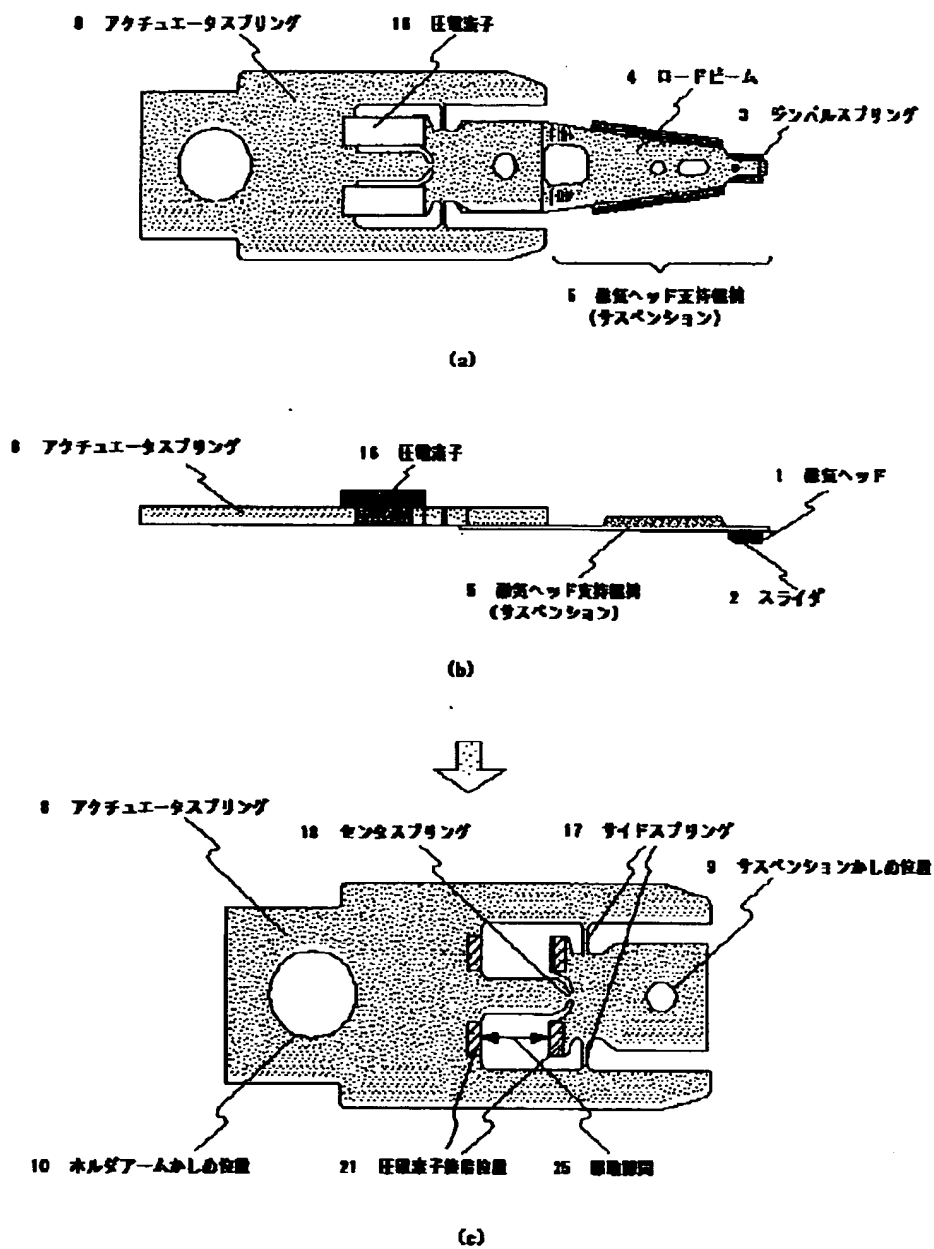


【図1】

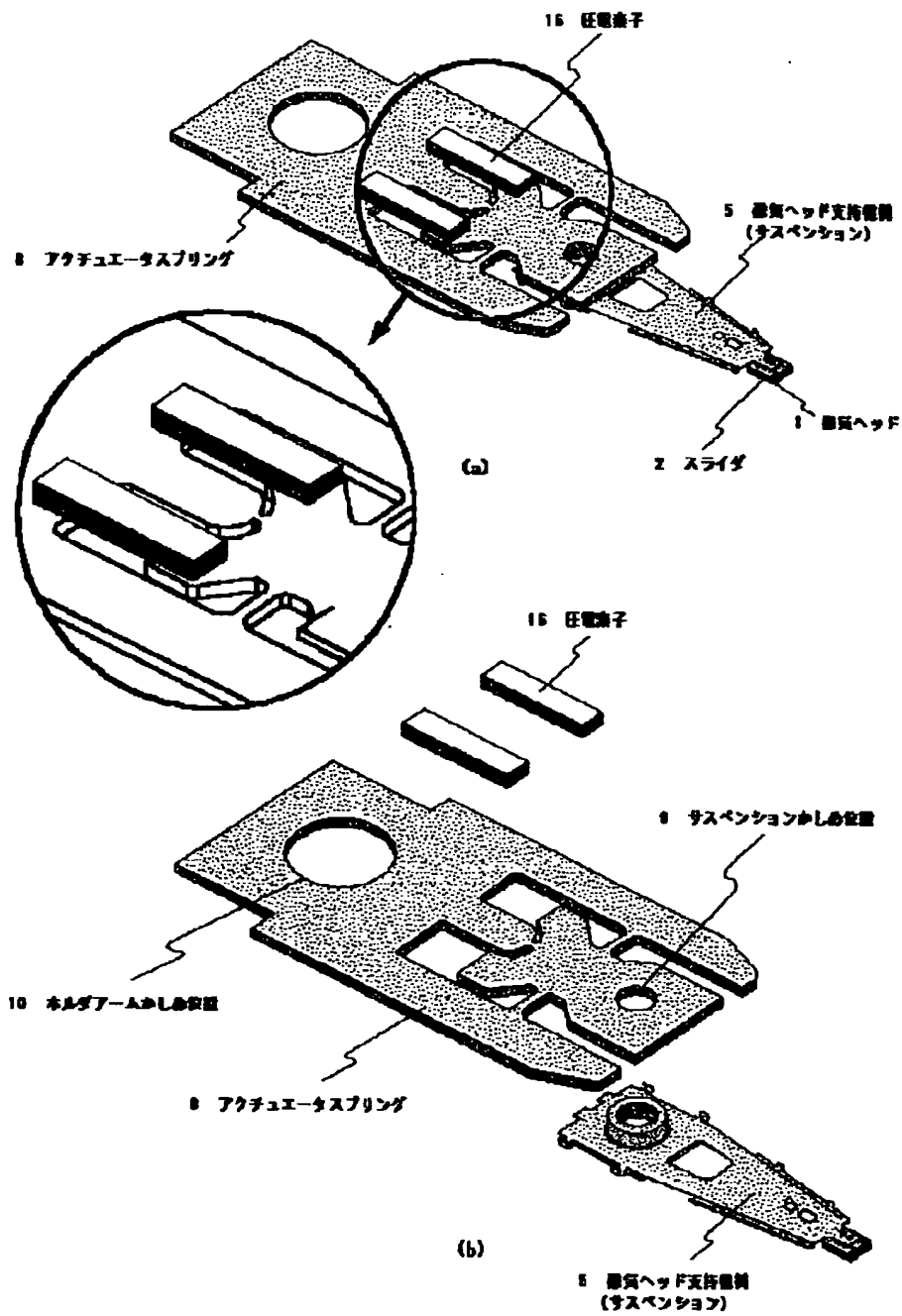




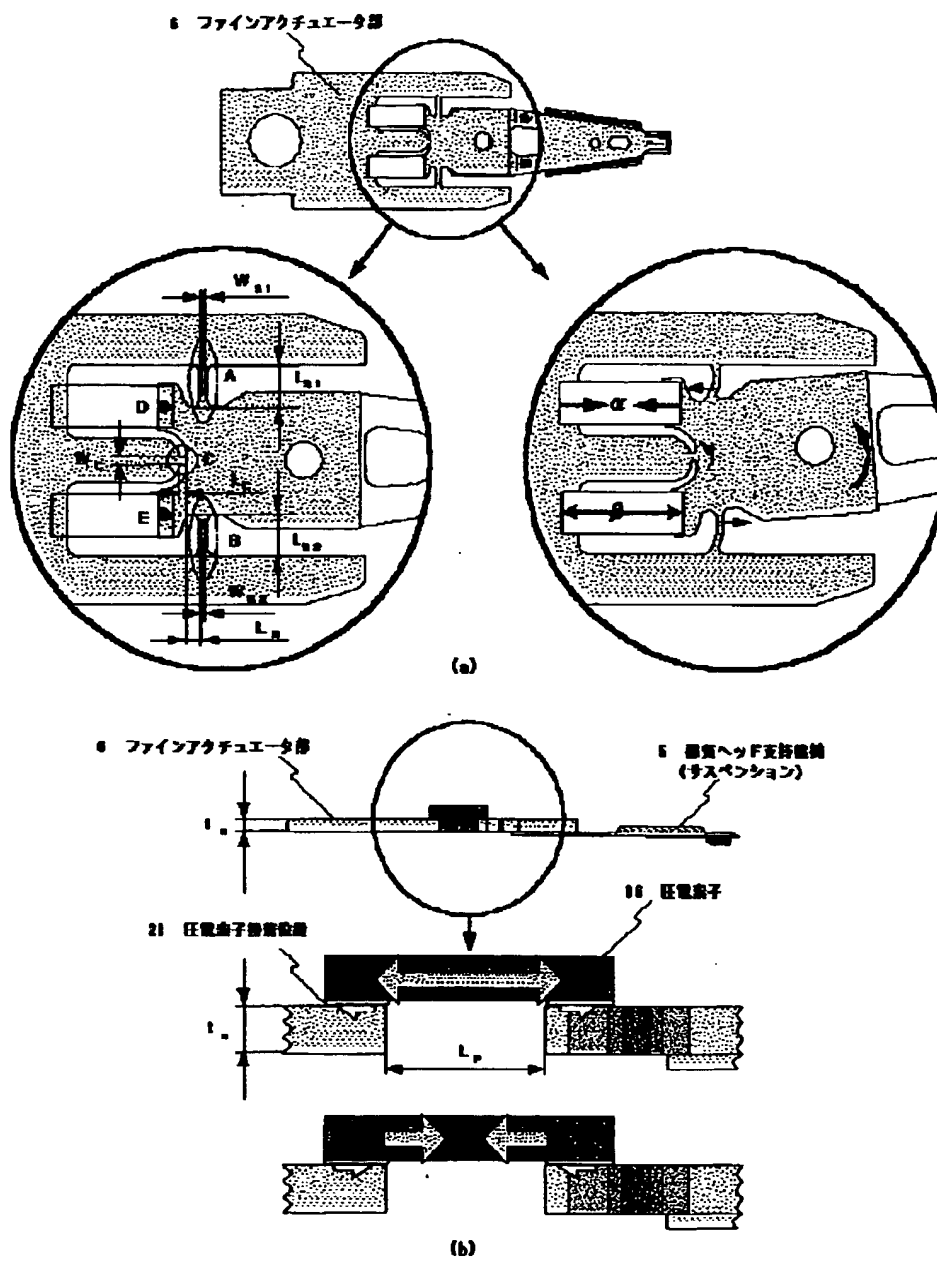
【図2】



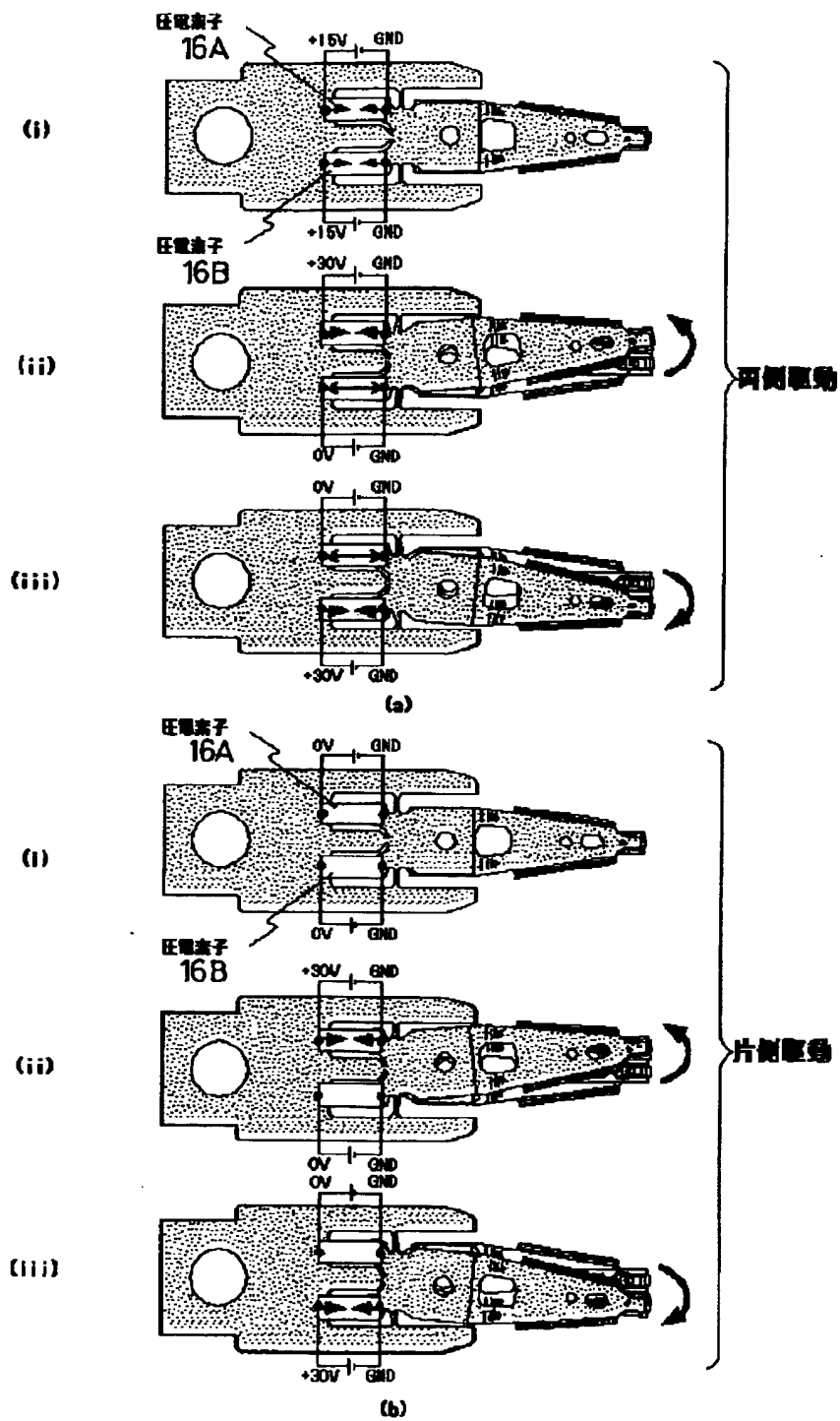
【図3】



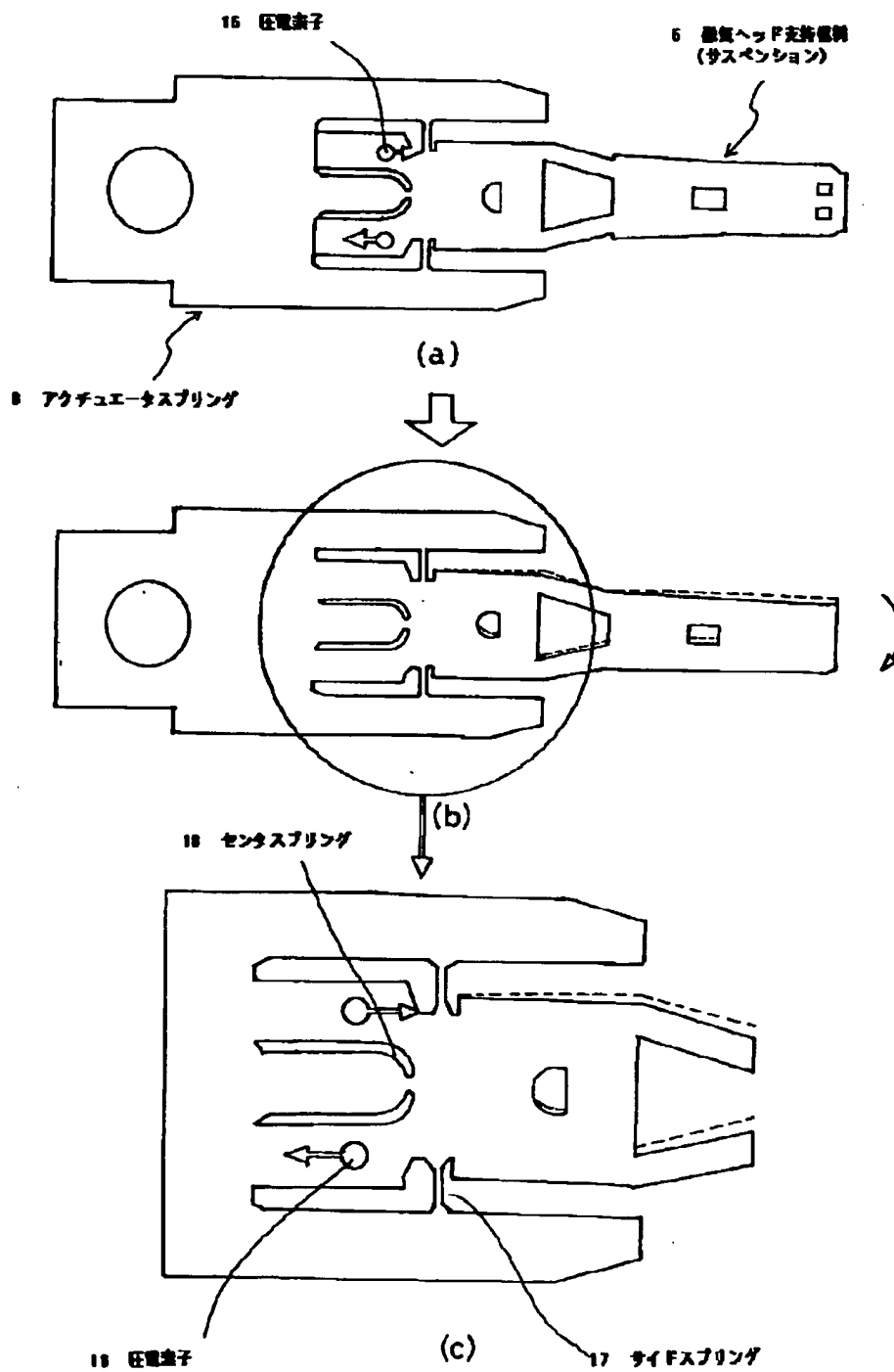
【図4】



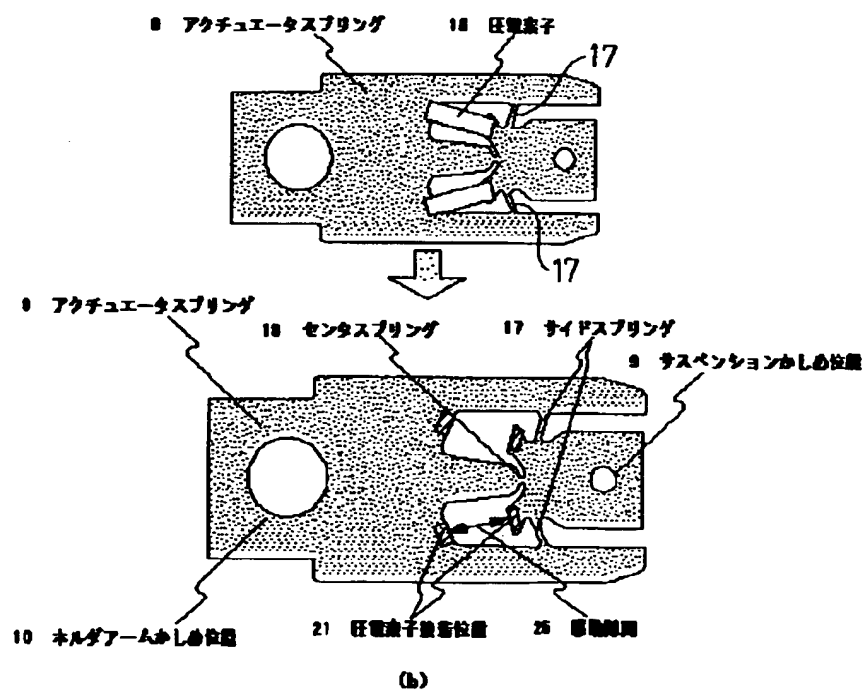
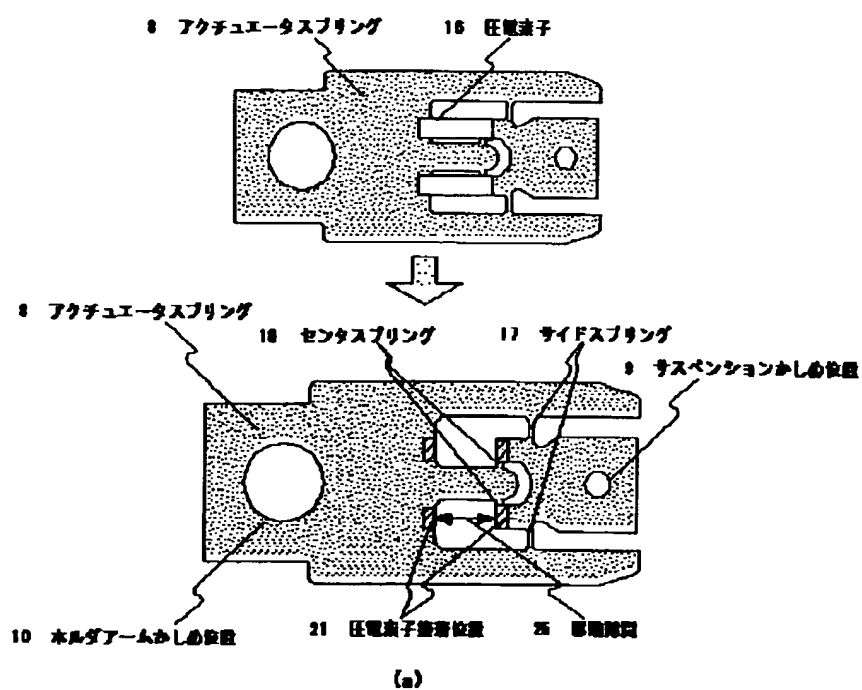
【図5】



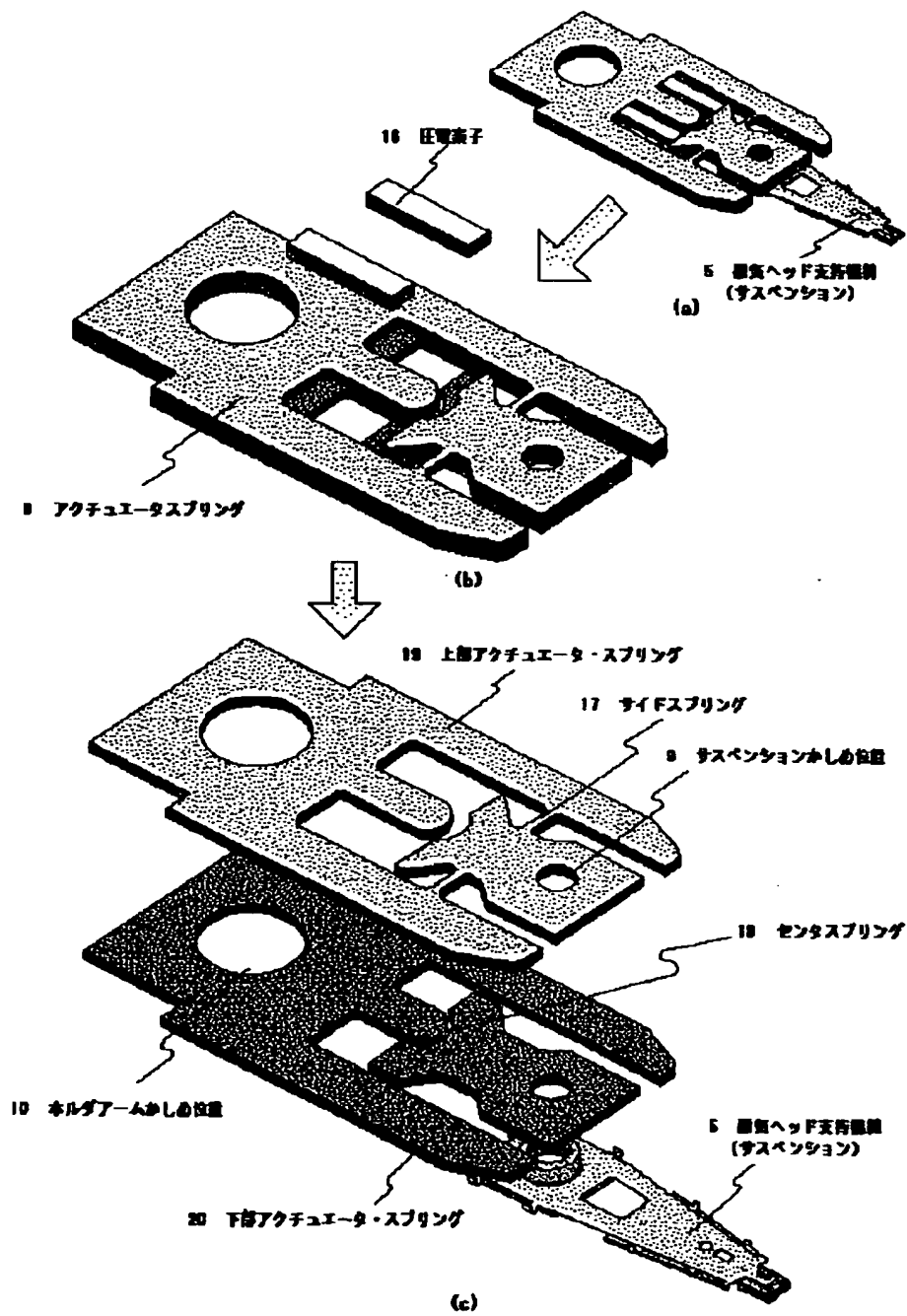
【図6】



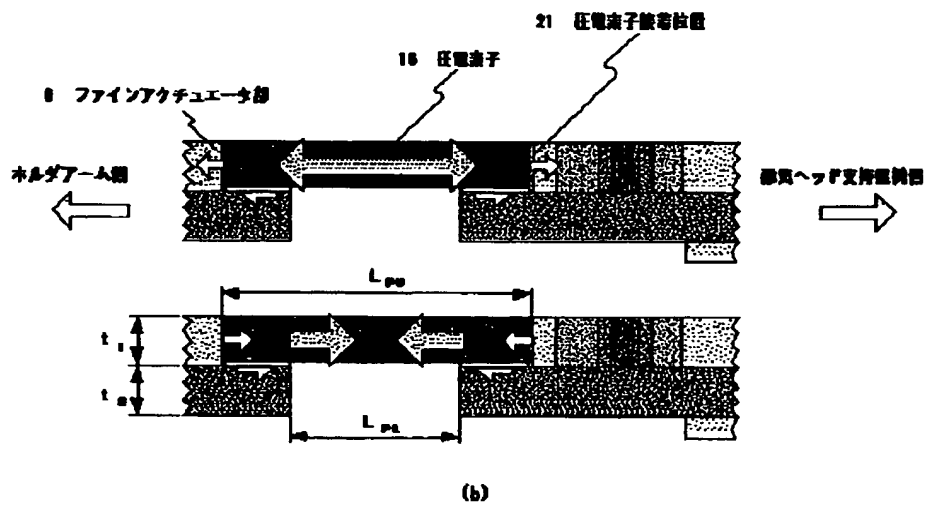
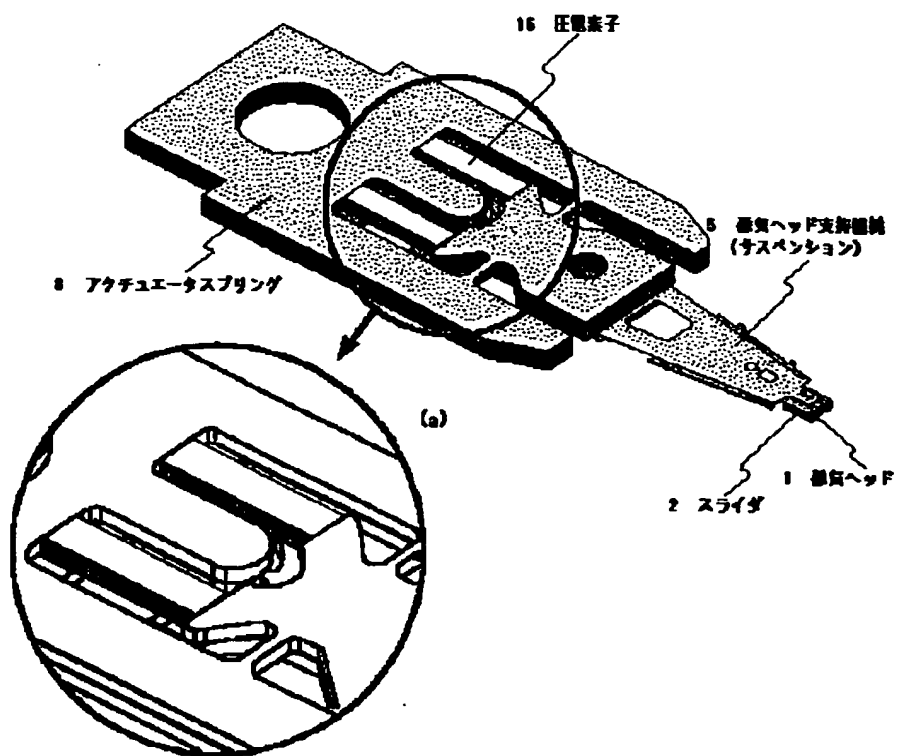
【図8】



【図9】

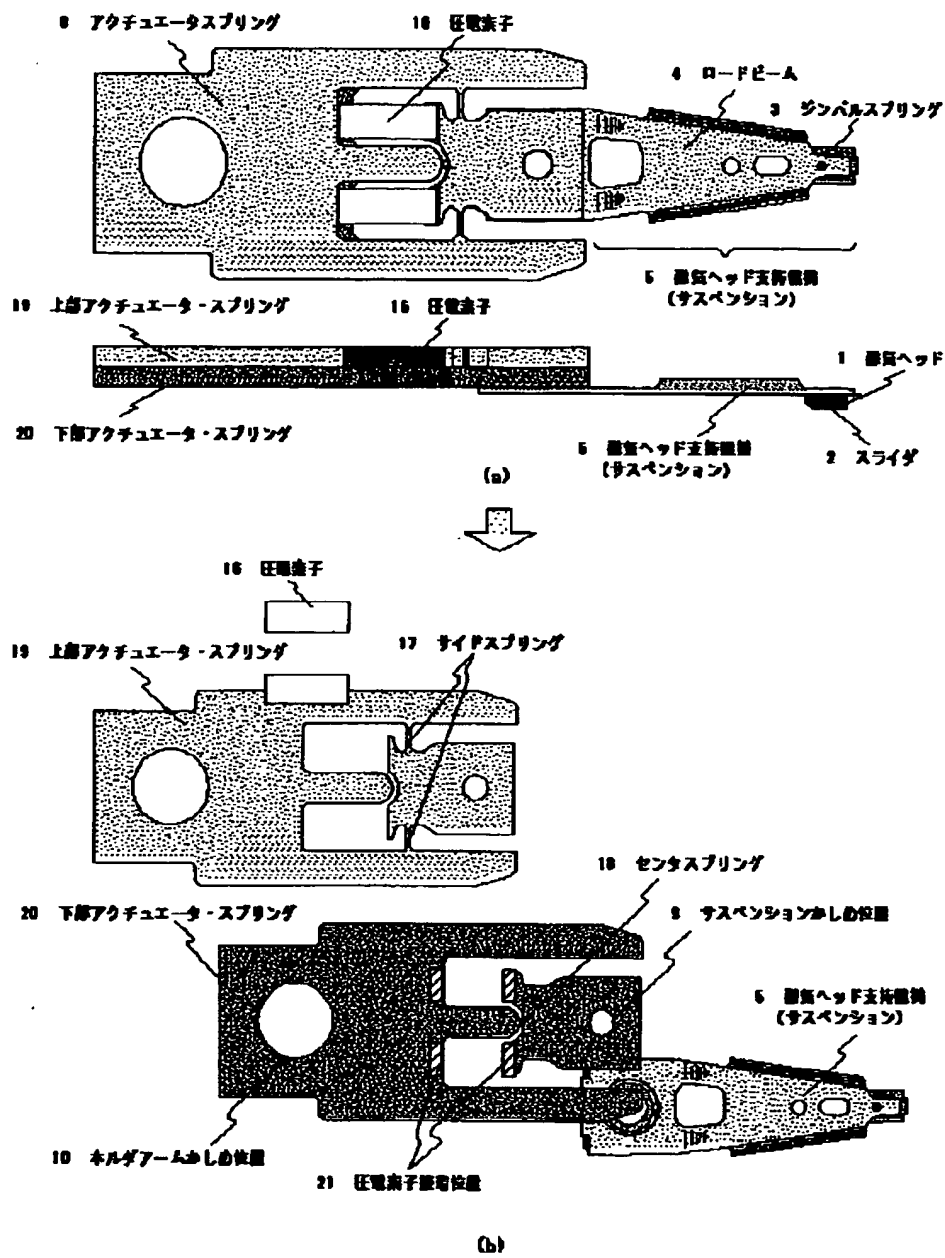


【図10】

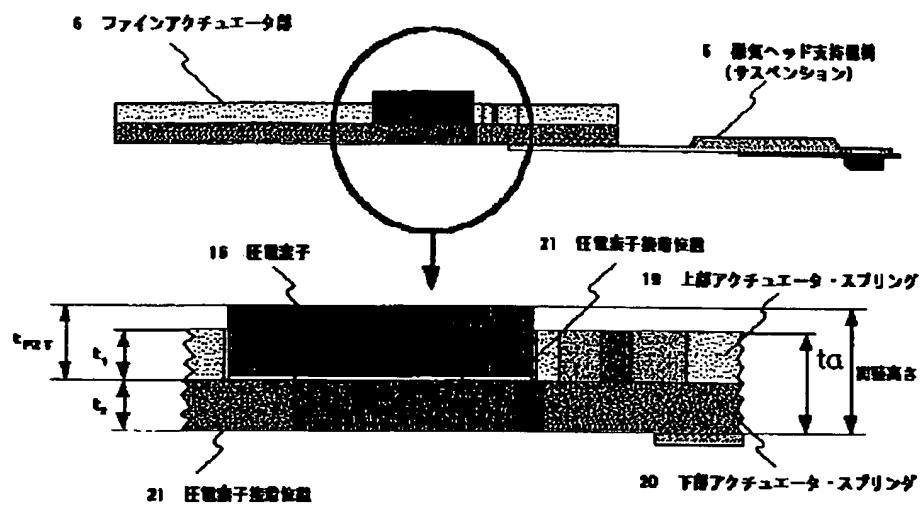




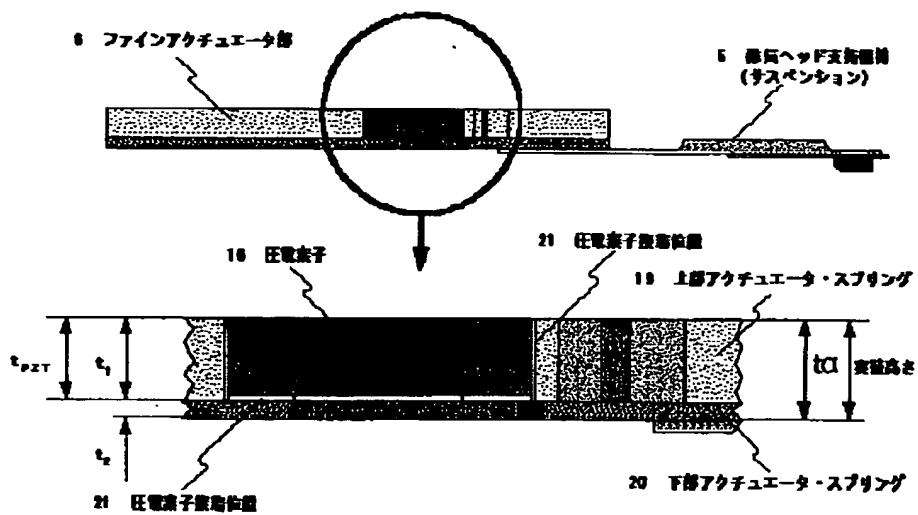
【図11】



【図12】

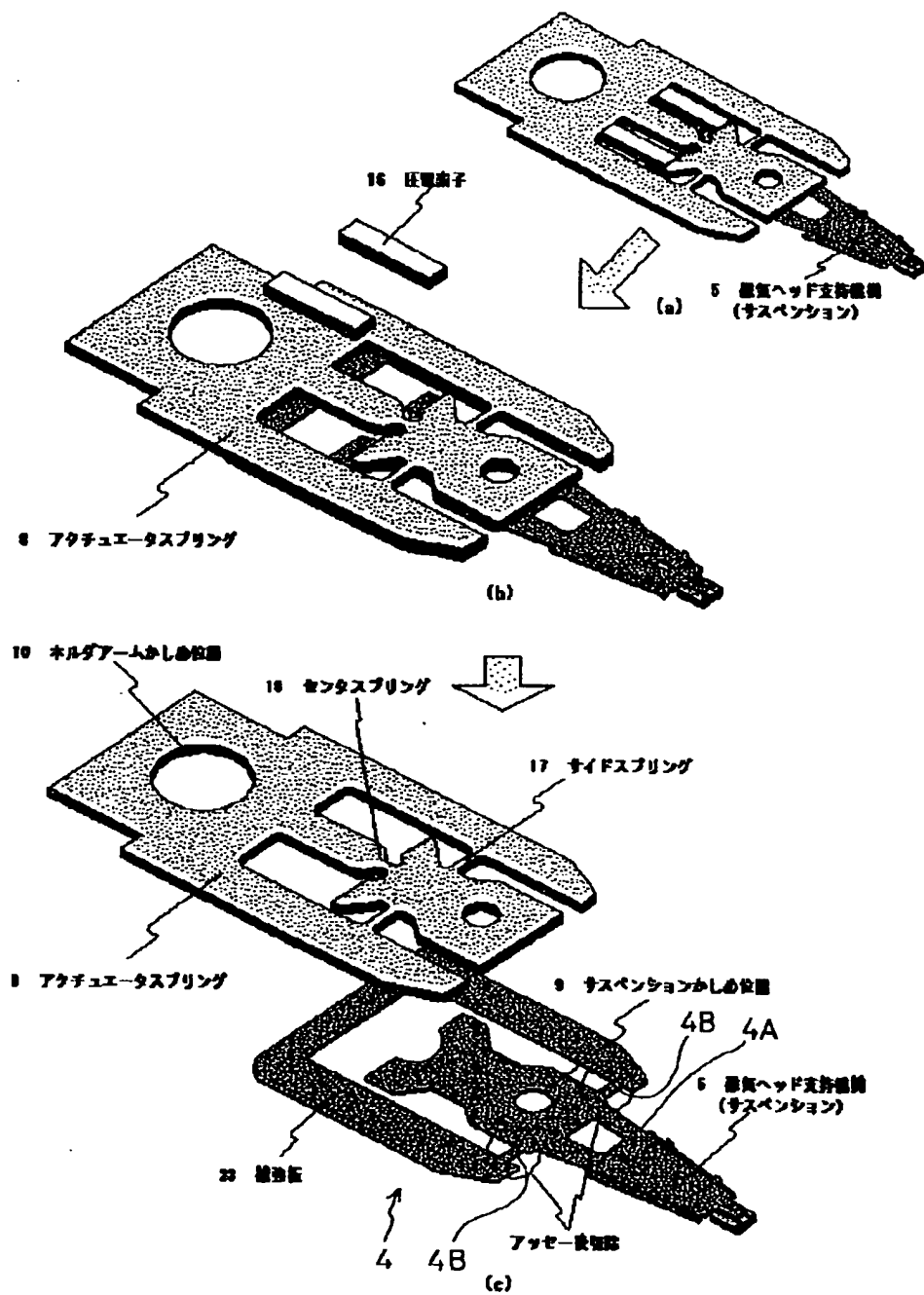


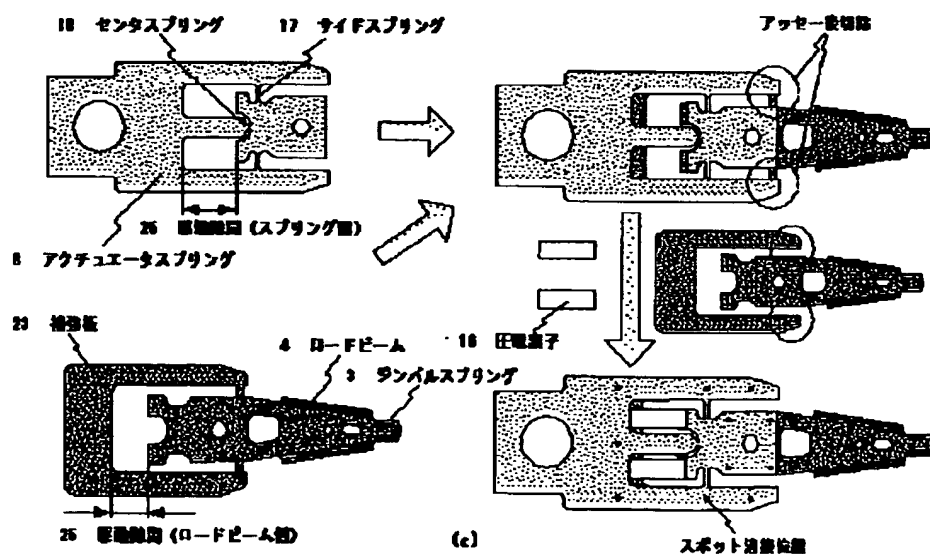
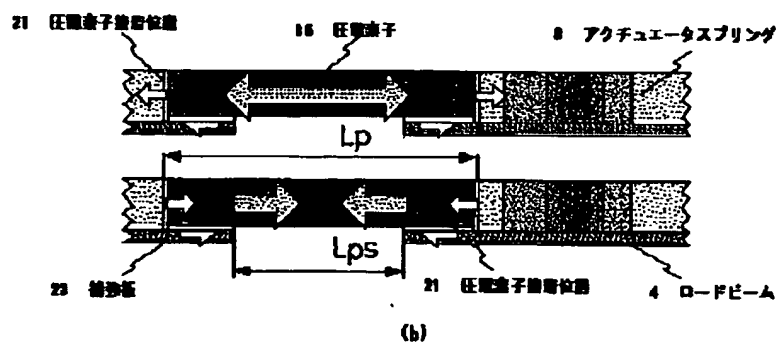
(a)



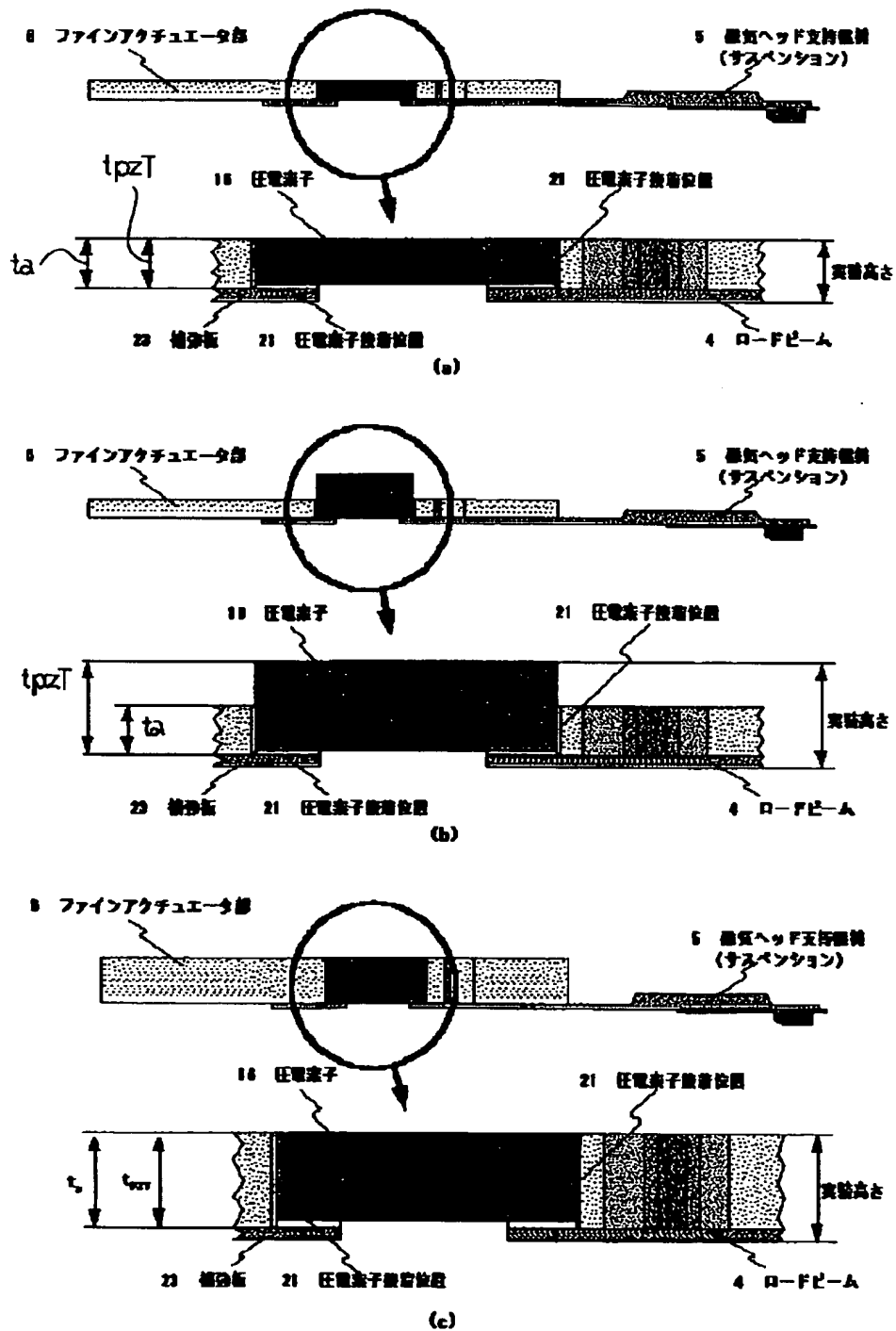
(b)

【図13】

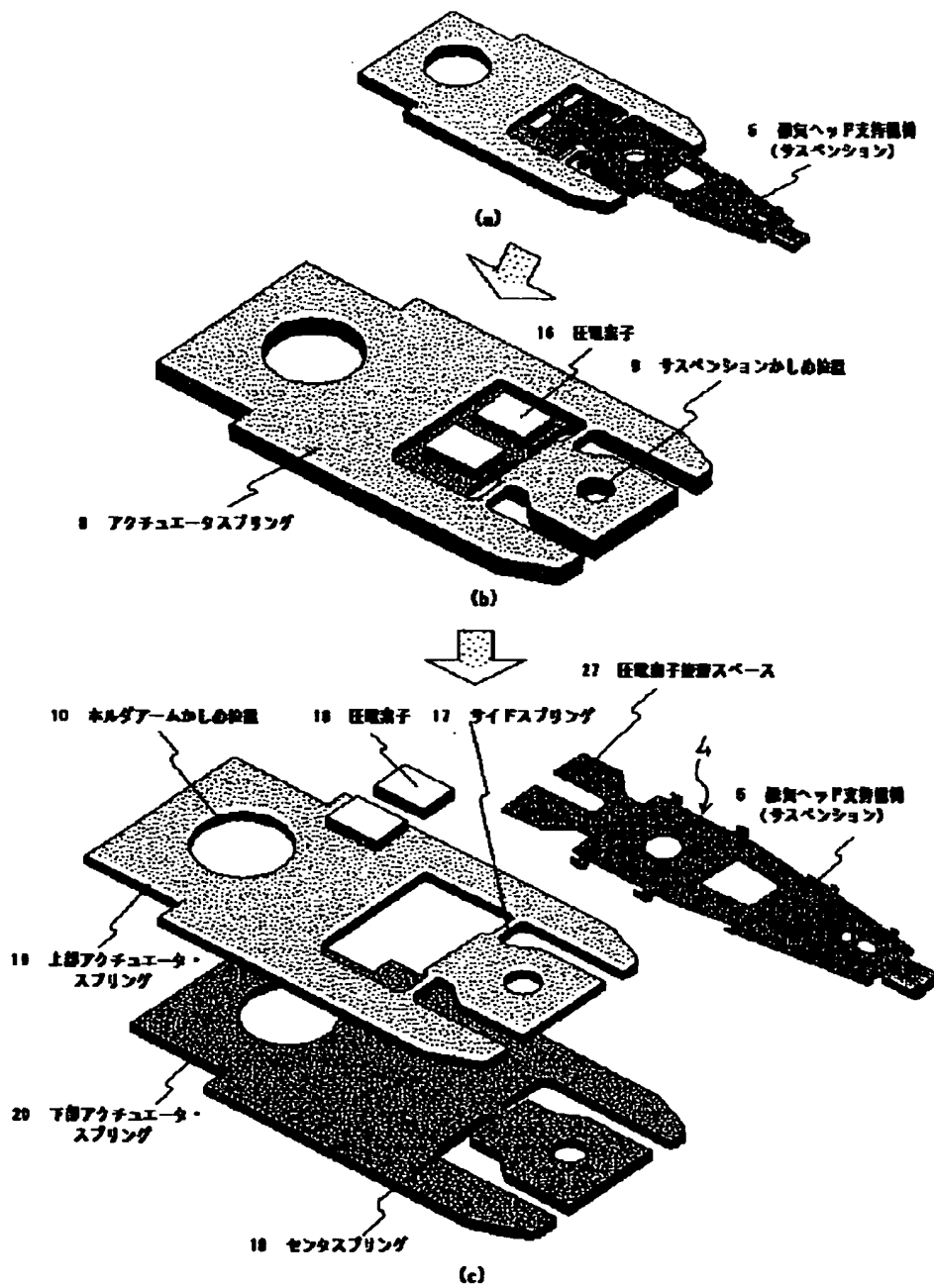




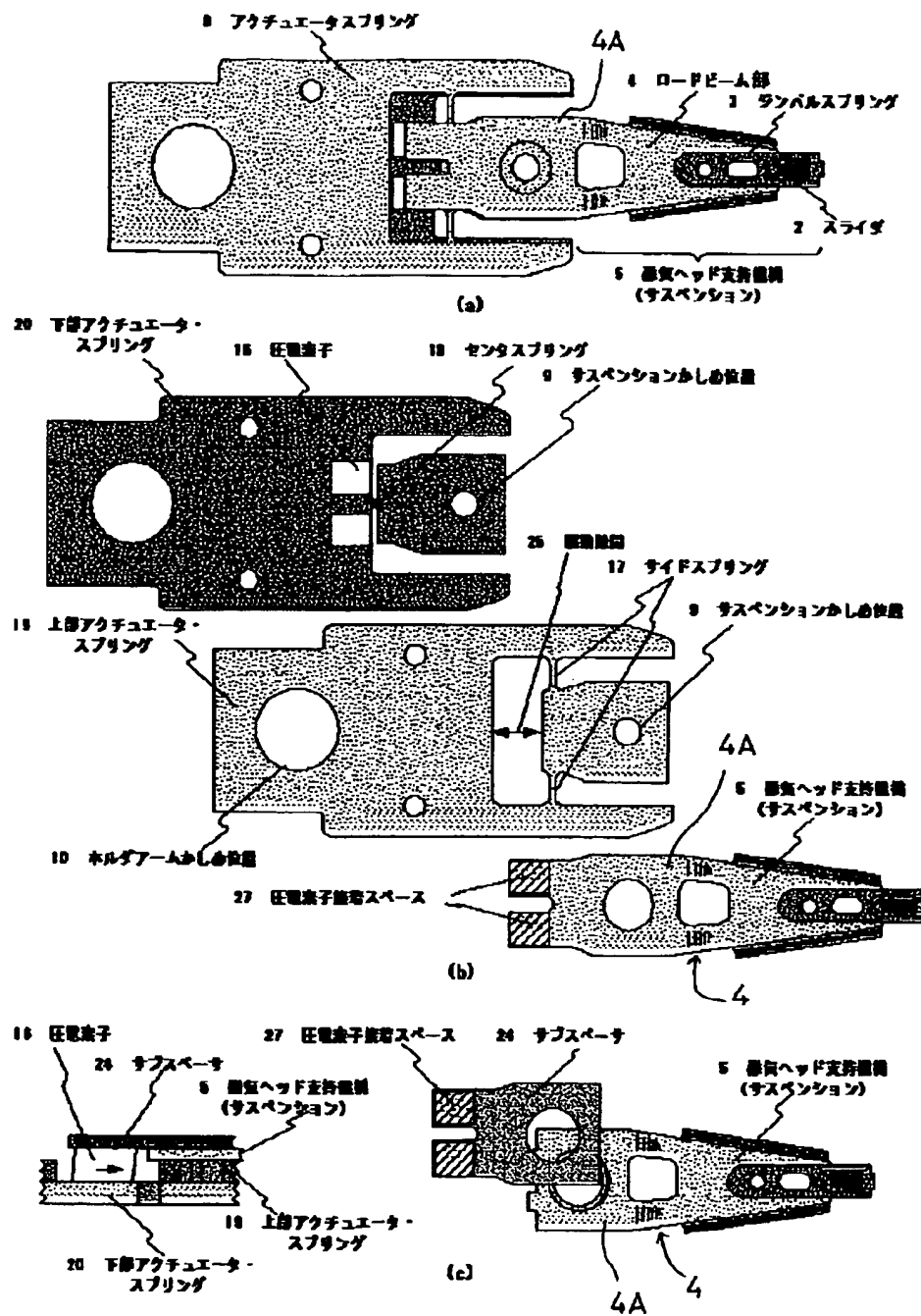
【図15】



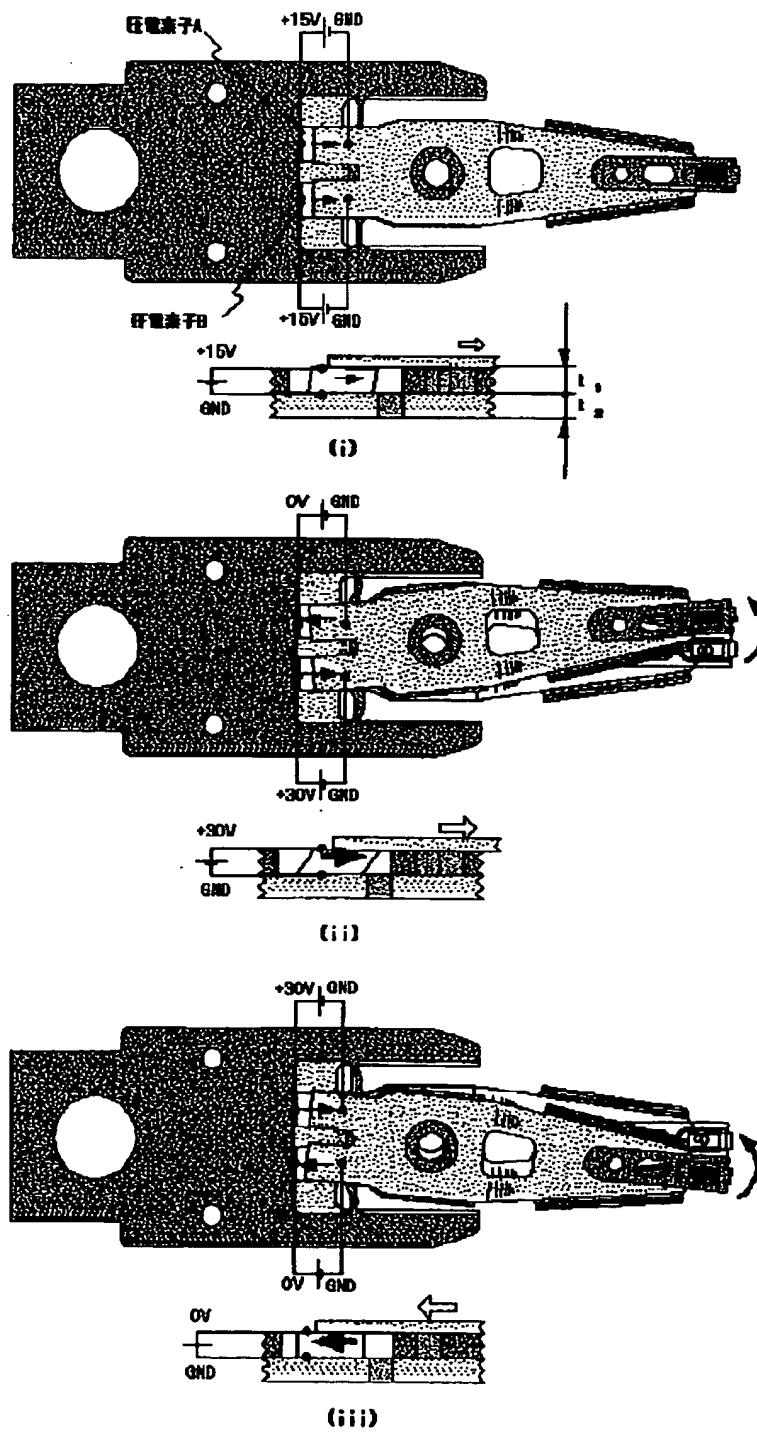
【図16】



【図17】

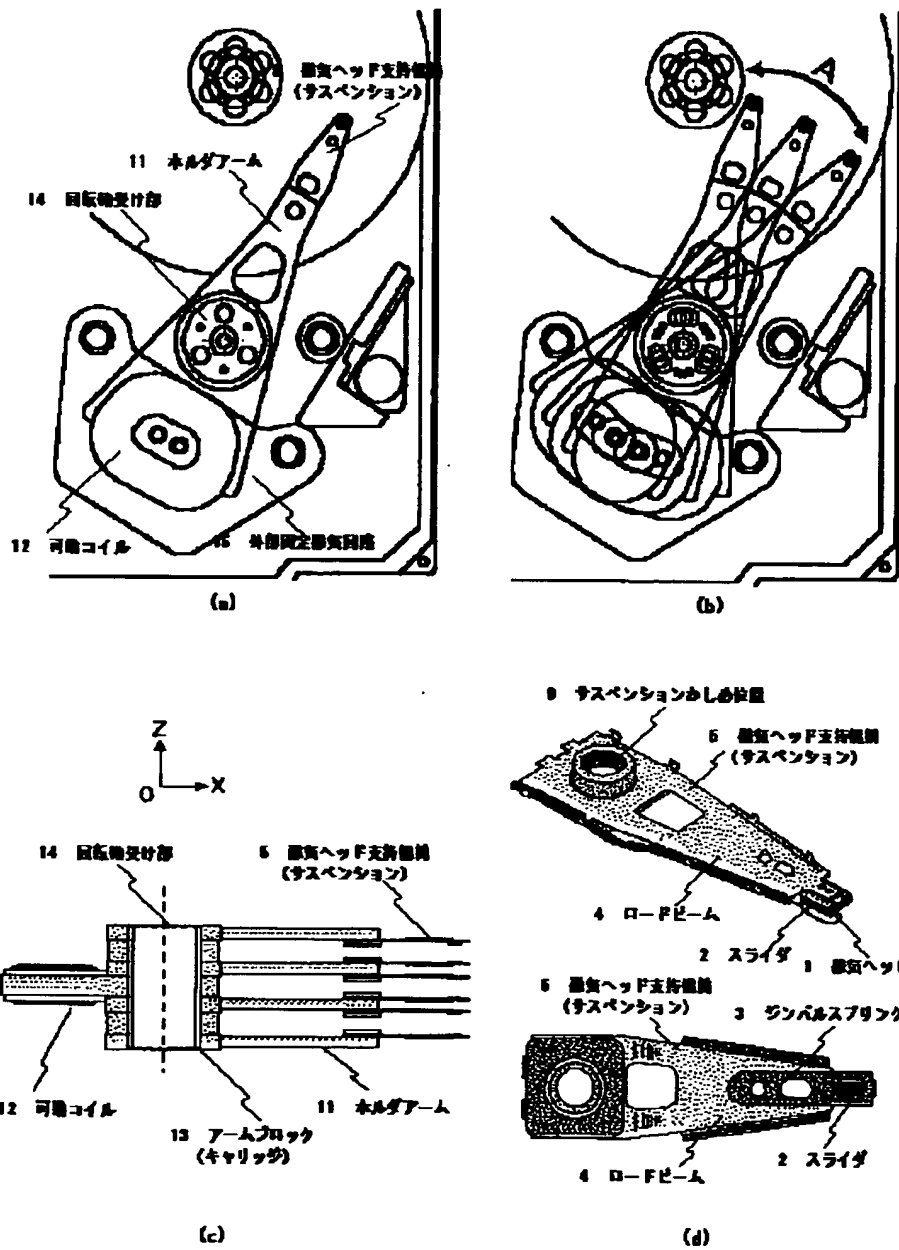


【図18】

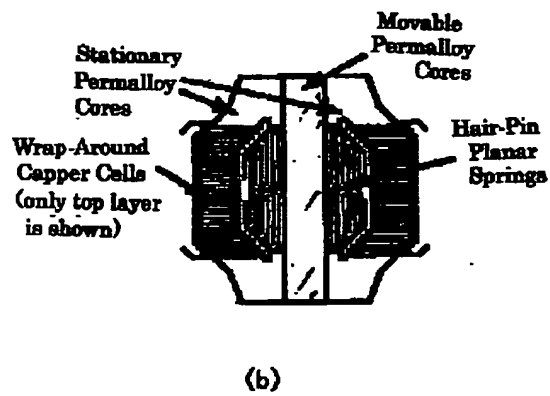
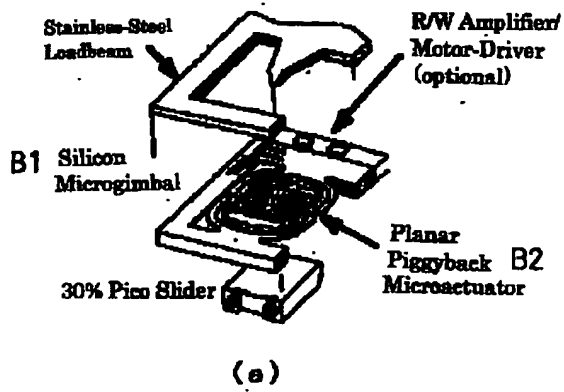




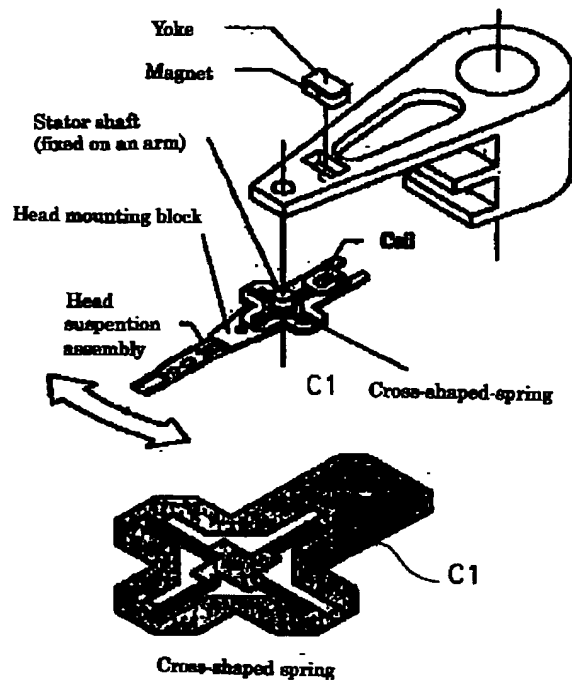
【図19】



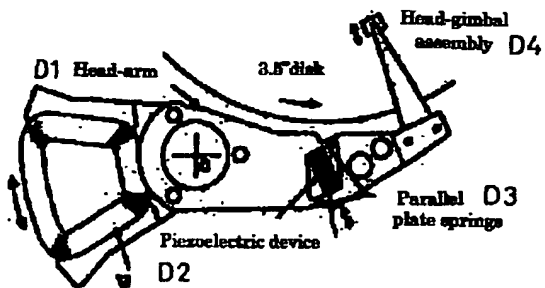
【図21】



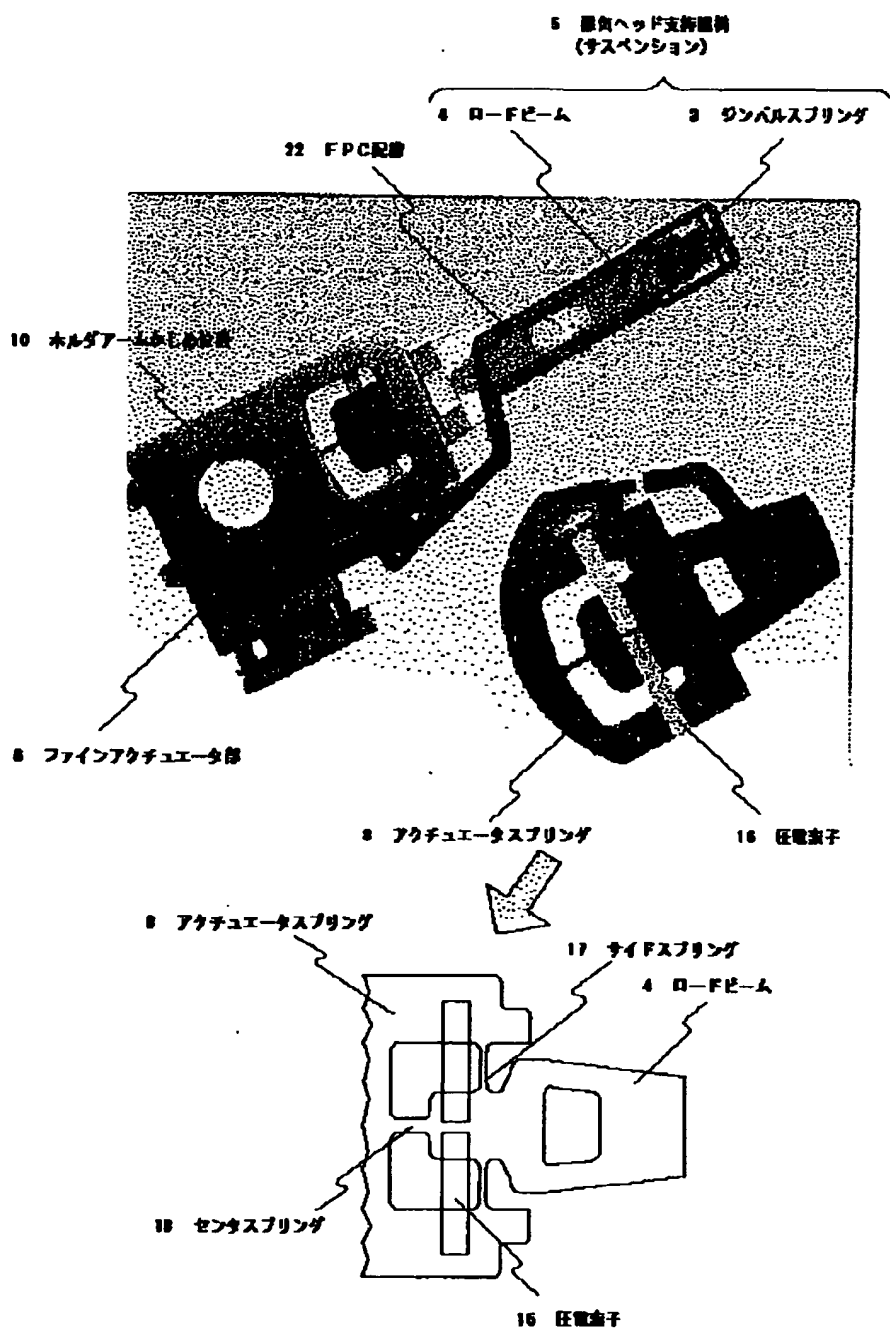
【図22】



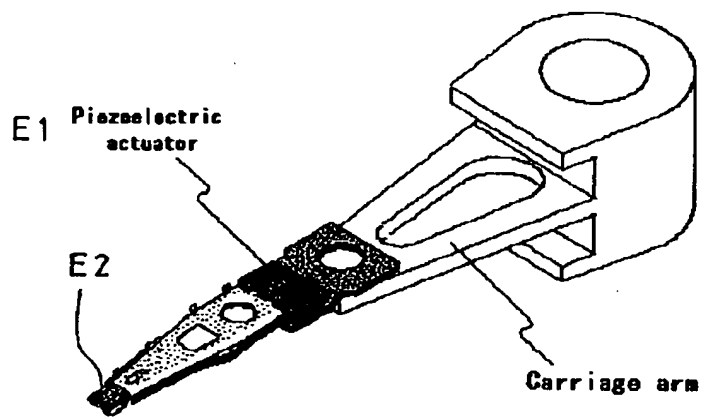
【図23】



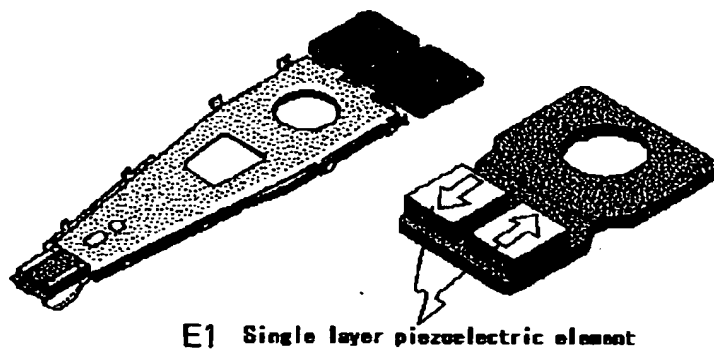
【図24】



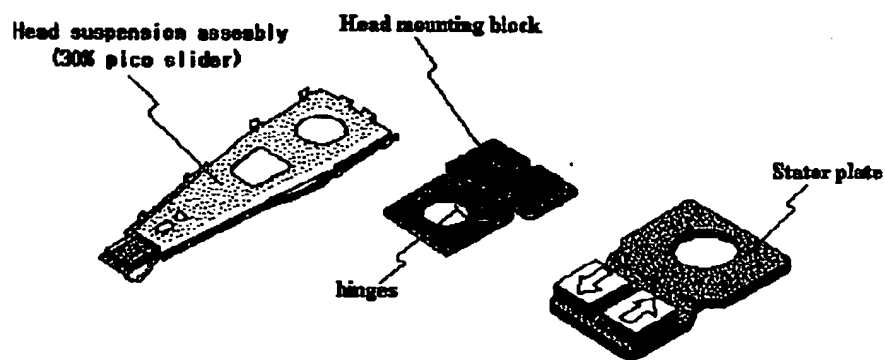
【図25】



(a)



(b)



(c)